

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

“ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE VIVIENDAS SISMO
RESISTENTES, CONSTRUIDAS CON CAÑA GUADÚA,
SUSTENTADO EN LA NEC- SE- GUADÚA Y LA NRS-10 TITULO G”

AUTORES:

INÉS ESTEFANÍA GARCÍA NAVAS
PIERRE DAVID PHILCO IÑIGUEZ

DIRECTOR: INGENIERO OSCAR JARAMILLO

QUITO, 2018

DEDICATORIA

Este logro alcanzado, es dedicado a la persona que con su amor motivó mi vida desde que lo conocí, durante esta carrera universitaria, a ti.

Los hijos representamos un sueño para nuestros padres, eh aquí su anhelo, a mis padres, Diego y Rita, quienes, con esfuerzo, dedicación, perseverancia y sacrificio, han hecho que llegue hasta este punto de mi vida personal y profesional, enseñándome que no existen imposibles, mientras existan sueños.

A mis hermanos, María José y Diego Roberto, quienes representan, la amistad verdadera, la ayuda desinteresada y el amor incondicional.

A las personitas que alegraron mi vida universitaria en principio y fin, mis pequeñas, Alejandra y Pepi, para quienes vale la pena buscar un mundo mejor.

¡Esto es gracias a ustedes!

Inés García Navas

DEDICATORIA

A ti Madre Dolorosa, por guiar mis pasos hasta este logro de mi vida

A ti Mami Blanquita, por cuidarme siempre, espero te sientas muy orgullosa de tu hijo.

A ti Uvita, las palabras quedan cortas desde tu partida

Pierre David Philco Iñiguez.

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios y a la Madre Dolorosa, por cubrir a diario mi vida de fuerzas y sabiduría durante toda esta etapa.

A ti, gracias por ser quien me incentivó a buscar ser mejor, gracias por las innumerables experiencias juntos, gracias por mostrarme que la vida se compone de lecciones con inicio y fin, te llevaré en mi corazón como el mejor de los recuerdos.

A mis padres, Diego y Rita, por su dedicación, sacrificio y ayuda brindada para concluir mi carrera universitaria.

A mi familia, por ser parte de todo este camino, por su tiempo y su compañía, en especial a mis hermanos María José y Diego Roberto, sin olvidar a quienes abrieron sus brazos para convertirme en un miembro más de su familia, a ustedes mi familia Valverde Flores, gracias por creer incondicionalmente en mí.

Al Ingeniero Oscar Jaramillo, director de este trabajo de titulación, por el tiempo, confianza, colaboración y conocimientos brindados para el desarrollo y culminación del mismo y a nuestros correctores, Ing. Jorge Bucheli e Ing. Wilson Cando, muchas gracias.

A mis amigos y compañeros

En especial a Meche, Hp, Nico, Dany Ross, Darío, Jae, Ponde, Magui, Cinthy, Juli, Pinch, a mis sucios (Dany, Larry, Mili, José, Rony) y mis PejeLagartos (Chicho, Gene, Charles, Feli), por compartir conmigo incondicionalmente buenos y malos momentos durante esta hermosa etapa.

Inés García Navas

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador y a los Ingenieros Óscar Jaramillo, Wilson Cando y Jorge Bucheli, quienes han impartido en mí su conocimiento y tiempo para el desarrollo de mi carrera y la conclusión de esta tesis de grado.

Agradezco a Dios, a mi Mami, Papi y Hermana por ayudarme en innumerables ocasiones para lograr este objetivo. Gracias Mami por darme tu amor abnegado y sin límites, aunque no lo merezca, por los valores inculcados que practicaré toda mi vida y por tu sacrificio de cada día para que nunca me falte nada. Gracias papi por impartirme el amor a las matemáticas, la ciencia y en especial por esas tardes de fútbol que las compartiste conmigo cuando era pequeño. Gracias Ñaña por estar en los buenos y malos momentos de esta carrera y por ayudarme siempre que te lo pedí, te debo mucho. Gracias Uvita por acompañarme en las incontables y largas noches de desvelo, lamento no poder dedicarte este logro en vida, espero verte pronto.

A mis amigos Xavier, Marco, Joselyn y Meche, por compartir los momentos buenos y malos de la vida, sé que este logro lo sienten como suyo. Gracias por su amistad y ayuda.

A ti, que estuviste a mi lado sin condiciones. Gracias por alentarme cuando todo se venía abajo. Gracias por llevarme a casa al verme cansado. Gracias por preocuparte cuando tenía hambre. Gracias por ser una de mis motivaciones para conseguir este título e impulsarme a ser mejor. Te llevo en mi mente y en mi corazón.

Pierre David Philco Iñiguez

RESUMEN

Las estructuras construidas con caña guadúa o madera, forman parte de sistemas constructivos estigmatizados como viviendas para sectores de bajos recursos, debido a la construcción con escasos criterios de durabilidad, mantenimiento y el uso inadecuado de las normas de construcción vigentes en nuestro país, dejando de lado sus características de flexibilidad y ligereza, las mismas que generan un efecto significativo y un comportamiento adecuado ante la presencia de un sismo.

El Análisis y Diseño de viviendas construidas con caña guadúa, mediante la definición de metodologías de diseño descritas en la NEC- SE- GUADUA y en el REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE – TITULO G – ESTRUCTURAS DE MADERA Y ESTRUCTURAS DE GUADUA (NRS- 10), permite la evaluación de las características físico mecánicas de la caña guadúa para el análisis y diseño estructural de viviendas y sus conexiones, solicitadas a cargas sísmicas mediante el uso de AUTODESK ROBOT.

Se muestran los criterios utilizados para el desarrollo del análisis experimental del material, mediante el uso de la MTE INEN 2, cuyos resultados son considerados como base fundamental para el diseño de una vivienda con caña guadúa, cuyo procedimiento en el programa ROBOT, se indica mediante capturas de pantalla. Finalmente, a través de la comparación de las normativas, se evalúan los resultados y la factibilidad del uso de la caña guadúa como material estructural.

ABSTRACT

The structures built with bamboo cane or wood, are part of stigmatized construction systems as housing for low-income sectors, due to the construction with few criteria of durability, maintenance and the inadequate use of the construction standards in force in our country, leaving its characteristics of flexibility and lightness are the same, which generate a significant effect and an adequate behavior in the presence of an earthquake.

The Analysis and Design of houses built with bamboo cane, by means of the definition of design methodologies described in the NEC-SE-GUADUA and in the COLOMBIAN REGULATION OF CONSTRUCTION EARTHQUAKE RESISTANT - TITLE G - STRUCTURES OF WOOD AND STRUCTURES OF GUADUA (NRS- 10)), allows the evaluation of the physical and mechanical characteristics of the bamboo cane for the analysis and structural design of houses and their connections, requested to seismic loads through the use of AUTODESK ROBOT.

The criteria used for the development of the experimental analysis of the material are shown, through the use of the MTE INEN 2, whose results are considered as a fundamental basis for the design of a house with bamboo cane, whose procedure in the ROBOT program is indicated by screenshots. Finally, through the comparison of the regulations, the results and the feasibility of using the guadua cane as a structural material are evaluated.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I:	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	3
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. Objetivo General	4
1.3.2. Objetivos Específicos	5
1.4. Hipótesis	6
1.5. Metodología	6
 CAPÍTULO II:	8
MARCO TEORICO	8
2.1. Conceptos Generales	8
2.2. Introducción a la caña guadúa	12
2.2.2 Usos de la caña guadúa a través del tiempo	15

2.3. La caña guadúa como elemento de construcción	15
2.4. Uso actual de la Caña Guadúa	17
CAPÍTULO III.....	19
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA CAÑA GUADÚA	19
3.1. Propiedades Físicas	20
3.1.1 Humedad Natural.....	21
3.1.2 Durabilidad	22
3.1.3 Resistencia	23
3.1.4. Densidad	24
3.1.5. Relaciones Comparativas Resistencia-Densidad.....	24
3.2. Propiedades Geométricas de la sección	26
3.3. Propiedades Mecánicas.....	27
3.3.1. Resistencia a la Compresión	28
3.3.2. Resistencia a la Flexión	31
3.3.3. Resistencia a la Tensión	33
3.3.4. Resistencias Admisibles	34
3.3.5. Módulo de elasticidad	35
3.3.6. Coeficiente de Poisson	37
3.4. Elaboración de Ensayos	38

3.4.1. Selección de los especímenes en los ensayos	40
3.4.2. Contenido de humedad.....	43
3.4.3. Densidad de las muestras	47
3.4.3.1 Densidad de muestras para ensayos a compresión	50
3.4.3.1 Densidad de muestras para ensayos a flexión	52
3.4.4. Resistencia a la Compresión	53
3.4.5. Resistencia a la Flexión	60
3.5 Resultados de Ensayos	67
3.5.1 Resultados ensayo a compresión	68
3.5.2 Resultados ensayo a flexión	68
 CAPÍTULO IV	 69
CONEXIONES EN ESTRUCTURAS DE CAÑA GUADÚA	69
4.1 Introducción	69
4.2 Clasificación de las conexiones	70
4.2.1 Conexiones Tipo 1: Sección transversal completa.....	71
4.2.1.1 Conexión 1.1	72
4.2.1.2 Conexión 1.2	72
4.2.1.3 Conexión 1.3	72
4.2.1.4 Conexión 1.4	73
	IX

4.2.1.5 Conexión 1.5	73
4.2.1.6 Conexión 1.6	74
4.2.1.7 Conexión 1.7	74
4.2.1.8 Conexión 1.8	74
4.2.2 Conexión Tipo 2.....	75
4.2.2.1 Conexión 2.1	76
4.2.2.2 Conexión 2.2	76
4.2.2.3 Conexión 2.3	76
4.2.3 Conexiones tipo 3	77
4.2.3.1 Conexiones 3.1.....	78
4.2.3.2 Conexiones 3.2.....	78
4.2.3.3 Conexión 3.3	78
4.2.3.4 Conexión 3.4	79
4.2.3.5 Conexión 3.5	79
4.2.4 Conexiones tipo 4	81
4.2.4.1 Conexión 4.1	81
4.2.4.2 Conexión 4.2	81
4.2.4.3 Conexión 4.3	82
4.2.4.4 Conexión 4.4	82
4.2.4.5 Conexión 4.5	82

4.2.4.6 Conexión 4.6 – 4.7	82
4.2.4.7 Conexión 4.8	83
4.2.5 Conexiones tipo 5	84
4.2.5.1 Conexión 5.1	84
4.2.5.2 Conexión 5.2	84
4.2.5.3 Conexión 5.3	85
4.2.6 Conexión Tipo 6.....	86
4.3 Conexiones Tradicionales de Caña Guadúa	87
4.4 FILOSOFÍA de diseño para conexiones	89
4.5 Recomendaciones para el diseño de conexiones	92
4.6 Ensayos experimentales en conexiones	93
4.6.1 Sujetador mecánico	94
4.6.2. Mortero de relleno.....	96
CAPÍTULO V:	103
ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN VIVIENDA DE DOS PISOS CONSTRUIDO EN	
CAÑA GUADUA (GaK)	103
5.1. Introducción	103
5.2. Características básicas de la Guadúa Angustifolia que la hacen apta para la construcción	106

5.2.1. Comportamiento ante el Fuego.....	107
5.2.2. Comportamiento ante Sismos.....	108
5.3. Especificaciones de la Guadúa Angustifolia previo a la construcción	109
CAPITULO VI	111
USO ESTRUCTURAL DEL BAMBÚ – DURABILIDAD Y PRESERVACIÓN ...	111
6.1. Introducción	111
6.2. Ataque de termitas	113
6.3. Ataque de hongos.....	114
6.4. Ataque de escarabajos	114
6.5. Protección contra insectos y hongos.....	114
6.6. Tratamiento de la Guadúa Angustifolia	117
6.7. Métodos utilizados para tratar la Guadúa Angustifolia.....	118
6.7.1. <i>Opciones de tratamiento para preservar la GaK</i>	119
6.7.1.1. Métodos tradicionales	120
6.7.1.1.1. Curado en grupo	120
6.7.1.1.2. Ahumamiento	120
6.7.1.1.3. Sumergimiento	121
6.7.1.1.4. Secado.....	121
6.7.1.1.5. Métodos Químicos	122

6.7.1.1.5.1. CCA (Cobre – Cromo – Arsénico)	122
6.7.1.1.5.2. CCB (Cobre – Cromo – Boro)	123
6.7.1.1.5.3. Derivados de Petróleo.....	124
6.7.1.1.5.4. Conservantes modernos en base a Cobre	124
6.7.1.1.5.5. Preservación con Boro.	124
6.7.1.1.6. Secado.....	126
 CAPITULO VII	 127
DISEÑO ARQUITECTONICO DE UNA VIVIENDA DE DOS PISOS CONSTRUIDA EN GaK	 127
7.1. Introducción	127
7.2. Diseño Arquitectonico	128
 CAPITULO VIII	 137
DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA DE DOS PISOS CONSTRUIDA EN CAÑA GUADÚA	 137
8.1. Antecedentes	137
8.1.1 Revisión de viviendas existentes de bajo costo en el Ecuador	138
8.1.2. Un diseño Innovador.....	139
8.1.3. Diseño Tradicional vs Diseño mejorado.....	140

8.2. Uso estructural de la Caña Guadua	142
8.2.1. Uso en Muros	142
8.2.2. Uso en Columnas	142
8.2.3. Uso en Vigas	143
8.2.4. Uso en Marcos Espaciales	143
8.2.5. Uso en Vigas de entepiso.....	143
8.3. Bases del Diseño Sísmico de la Caña Guadúa	144
8.3.1. Diseño para Cargas Estructurales	146
8.4. Criterios estructurales básicos acerca de la GaK según el tipo de solicitud	146
8.4.1. <i>Diseño para cargas por gravedad</i>	149
8.4.2. Diseño para cargas de sismo y viento	151
8.5. Sistema de soporte para cargas laterales	155
8.6. Arriostramientos	156
8.7. Muros de Corte	158
 CAPITULO IX:	 160
MODELACION DE UNA VIVIENDA DE CAÑA GUADÚA	160
9.1. Introducción	160
9.2. Modelación Mediante Programa Computacional Autodesk Robot.....	160

9.2.1. Análisis y Diseño Sísmico Estático	169
9.2.2. Análisis Sísmico Dinámico	172
9.3. Resultados para Columnas	181
9.4. Resultados para Vigas	193
9.5. Resultados para Barras.....	196
 CAPITULO X	 205
DISEÑO DE ELEMENTOS INDIVIDUALES	205
10.1. Introducción	205
10.2. Requisitos de diseño	206
10.2.1. Cargas y Estados de Carga	206
10.2.2. Esfuerzos Admisibles.....	208
10.2.3. Esfuerzos Últimos	210
10.2.4. Módulos de Elasticidad	210
10.2.5. Área Neta	211
10.2.6. Inercias	211
10.2.7. Esfuerzos Admisibles Modificados	211
10.3. Diseño de Elementos individuales para Flexo-Compresión.....	214
10.4. Diseño de Elementos individuales para Tensión axial y/o Flexión.....	228
10.5. Diseño de elementos Individuales para Corte Paralelo a la Fibra	237

CAPITULO XI	240
EVALUACION COMPARATIVA ENTRE NORMATIVA NEC-SE-GUADÚA Y CODIGO GOLOMBIANO DE LA CONSTRUCCION TITULO G	240
9.1. Introducción	240
9.2. Evaluación Comparativa	240
 CAPITULO XII	 262
CONCLUSIONES	262
 Bibliografía	 269

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Distribución de la caña guadúa en el mundo.....	9
Ilustración 2: Partes de la caña guadúa	14
Ilustración 3: Principales direcciones de la caña guadua	20
Ilustración 4: Sección transversal de un cilindro hueco	26
Ilustración 5: Ensayo de compresión – Fuente: Ensayos de Laboratorio PUCE..	29
Ilustración 6: Requerimientos de corte para ensayo a compresión- Fuente: INEN	
2- MTE	30
Ilustración 7: Ensayo de flexión en caña guadúa – Fuente: Ensayos de	
Laboratorio PUCE	32
Ilustración 8: Ensayo de tensión en caña guadúa – Fuente: Ensayos de	
Laboratorio PUCE	34
Ilustración 9: Coeficiente de Poisson – Fuente: Roylance David, 2008, Mechanical	
Properties	37
Ilustración 10: Especímenes de caña guadúa – Fuente: Ensayos de Laboratorio	
PUCE.....	40

Ilustración 11: Especies Nativas de Bambú en el Ecuador – Fuente: Adaptado de INBAR, 1998, “Bamboo for Sustainable Development. International Bamboo Congress”, Tokyo.....	42
Ilustración 12: Especímenes ensayados para contenido de humedad – Fuente: Ensayos realizados en el Laboratorio de materiales de la PUCE	43
Ilustración 13: Registro de Medidas para la determinación de la densidad de muestras sometidas a compresión.....	47
Ilustración 14: Módulo de Elasticidad para Curva Esfuerzo-Deformación – Fuente: UNIOVI	57
Ilustración 15: Subtipos de conexiones tipo 1.Fuente: Jansen, 2000	75
Ilustración 16: Subtipos de conexiones tipo 2.. Fuente: Jansen, 2000	77
Ilustración 17: Subtipos de conexiones tipo 3. Fuente: Jansen, 2000	80
Ilustración 18: Subtipos de conexiones tipo 4. Fuente: Jansen, 2000	83
Ilustración 19: Subtipos de conexiones tipo 5. Fuente: Jansen	85
Ilustración 20: Diseño de bambú en las comunidades, Fuente: Kaminski, 2003...	86
Ilustración 21: Estructuras de bambú en Colombia, Fuente: Trujillo, 2007	97
Ilustración 22: Culmos en plano paralelo, Fuente: Trujillo, 2007	97
Ilustración 23: Diseño de Conexiones (Placa-Caña)	98
Ilustración 24: Ensayos de Compresión Simple en Conexiones.....	99
Ilustración 25: Falla en Conexión 1, Carga Ultima: 8.6 Ton.....	101
Ilustración 26: Falla en Conexión 2, Carga Ultima: 4.81 Ton.....	101

Ilustración 27: Falla en Conexión 3, Carga Ultima: 5.69 Ton.....	102
Ilustración 28: Distribución y dimensiones a usar en la vivienda de GaK	129
Ilustración 29: Tentativa de distribución de columnas de GaK. (Planta Baja)	130
Ilustración 30: Configuración de un conjunto de columnas (culmos de $\Phi = 10\text{cm}$, e = 1cm).....	130
Ilustración 31: Ubicación de zócalos y sobre cimientos (Planta baja).....	131
Ilustración 32: Configuración de columnas y arriostramientos esquineros.....	132
Ilustración 33: Configuración de columnas y arriostramientos centrales	132
Ilustración 34: Distribución arquitectónica de la vivienda (Planta Baja).	133
Ilustración 35: Distribución arquitectónica de la vivienda (Segunda Planta)	134
Ilustración 36: Vista frontal de la vivienda.	134
Ilustración 37: Vista Posterior de la vivienda de GaK.	135
Ilustración 38: Vista lateral izquierda de la vivienda de GaK	135
Ilustración 39: Vista Lateral Derecha de la vivienda de GaK.	136
Ilustración 40: Sistemas de arriostramiento para viviendas de GaK, Fuente: Guía de diseño para la construcción de viviendas de Bahareque	157
Ilustración 41: Muro de Corte, Fuente: Guía de diseño para la construcción de viviendas de Bahareque.....	159
Ilustración 42: Disposición de elementos estructurales de la Vivienda de GaK. .	161
Ilustración 43: Conexión tipo primera planta.	161

Ilustración 44: Vista alámbrica de la conexión tipo primera planta.....	162
Ilustración 45: Nudos de conexiones dispuestos a una altura igual.....	163
Ilustración 46: Vista alámbrica de los nodos igualados en altura.....	163
Ilustración 47: Ingreso de altura de nodos.....	164
Ilustración 48: Estructura con nudos igualados en altura en las dos plantas.	164
Ilustración 49: Estructura de la vivienda de GaK.	165
Ilustración 50: Creación de unión rígida.	166
Ilustración 51: Restricción de movimiento para la unión rígida.	166
Ilustración 52: Creación de la unión rígida.	167
Ilustración 53: Unión Rígida creada.	168
Ilustración 54: Diagramas para edificios.....	169
Ilustración 55: Coordenadas del centro de gravedad de cada losa de la estructura.	170
Ilustración 56: Aplicación de cortante basal en el centro de gravedad de la losa de piso.	170
Ilustración 57: Aplicación de fuerzas basales (sentido x) en el centro de gravedad de las losas de la vivienda.	171
Ilustración 58: Aplicación de fuerzas basales (sentido x) en el centro de gravedad de las losas de la vivienda.	171
Ilustración 59: Creación de Análisis Modal.....	172
Ilustración 60: Parámetros del Análisis Modal (Modal X).....	173

Ilustración 61: Definición de un nuevo caso (Espectral).	174
Ilustración 62: Definición de Espectro según la zona de implantación del proyecto.	174
Ilustración 63: Dirección de la aplicación del espectro.	175
Ilustración 64: Conversión de carga muerta a masa en un 50%.....	175
Ilustración 65: Conversión de cargas a masa.....	176
Ilustración 66: Combinación – Signo.	176
Ilustración 67: Parámetros de sismo en x.....	177
Ilustración 68: Cortante Basal ingresado de forma manual.	177
Ilustración 69: Diseño completo tentativo de caña guadua, se observan grandes esfuerzos en la cercha.	178
Ilustración 70: Diseño tentativo de la cercha de cubierta.....	179
Ilustración 71: Modelo final para vivienda de GaK.....	180

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Momento de inercia de un cilindro hueco.....	26
Ecuación 2: Relación de Poisson	37
Ecuación 3: Contenido de humedad – Fuente: norma INEN 2- MTE.....	43
Ecuación 4: Peso Específico – Fuente: INEN 2, MTE	48
Ecuación 5: Volumen de un cilindro hueco – Fuente: Propiedades de secciones , OVIE	49
Ecuación 6: Esfuerzo de compresión – Fuente: INEN 2 MTE	53
Ecuación 7: Área de un cilindro hueco – Fuente: Propiedades de las secciones, OVIE	54
Ecuación 8: Modulo de Elasticidad – Fuente: Propiedades Mecánicas, UNIOVI, Pág. 10	56
Ecuación 9: Deformación Unitaria – Fuente: INEN 2 MTE	58
Ecuación 10: Luz libre para especímenes de ensayos a flexión – Fuente: INEN 2- MTE	60
Ecuación 11: Estimación de la luz libre para ensayos a flexión – Fuente: INEN 2, MTE	61

Ecuación 12: Momento ultimo de flexión – Fuente: Norma INEN 2, MTE, Pág. 17	
.....	63
Ecuación 13: Resistencia a flexión – Fuede: INEN 2 MTE, Pág. 17	64
Ecuación 14: Modulo de elasticidad para ensayos a Flexión – Fuente: INEN 2,	
MTE	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Usos de la caña guadua de acuerdo a la edad Fuente: MANUAL DE CONSTRUCCIÓN CON BAMBÚ-OSCAR HIDALGO LÓPEZ	15
Tabla 2: Durabilidad de la Caña Guadua – Fuente: Seminario: Diseño, cálculo y construcción en caña Guadua – Ing. Sebastián Kaminski.....	22
Tabla 3: Durabilidad de la Caña Guadua con tratamiento – Fuente: Seminario: Diseño, cálculo y construcción en caña Guadua – Ing. Sebastián Kaminski	23
Tabla 4: Tabla comparativa de relaciones Resistencia-Peso. Fuente: Riera Iván, “La caña guadúa”	25
Tabla 5: Tabla comparativa de relaciones Resistencia-Peso del Hormigón – Fuente: Riera Iván, “La caña guadúa”	25
Tabla 6: Esfuerzos Admisibles para Cualquier tipo de bambú – Fuente: “The Structural Engineer, Ing. Sebastián Kaminski	35
Tabla 7: Módulos de elasticidad para Caña guadúa con contenidos de humedad entre 12-19% Fuente: “The Structural Engineer, Ing. Sebastián Kaminski	36
Tabla 8: Contenido de humedad para resultados a compresión, flexión y tensión	45

Tabla 9: Tabla comparativa entre resultados obtenidos y valores admisibles de humedad natural	46
Tabla 10: Densidad para muestras sometidas a compresión – Fuente: Tabulación de Resultados	51
Tabla 11: Comparación entre valores de densidad obtenidos y Valores admisibles – Fuente: Tabulación de Resultados	51
Tabla 12: Densidad para muestras sometidas a flexión	52
Tabla 13: Comparación entre valores de densidad obtenidos y Valores admisibles – Fuente: Tabulación de resultados	53
Tabla 14: Resistencias a Compresión – Fuente: Tabulación de resultados.....	56
Tabla 15: Módulos de Elasticidad para ensayo a Compresión – Fuente: Tabulación de Resultados.....	57
Tabla 16: Deformaciones Unitarias para ensayo a compresión – Fuente: Tabulación de Resultados.....	58
Tabla 17: Coeficientes de Poisson para ensayo a compresión – Fuente: Tabulación de Resultados.....	59
Tabla 18: Luz libre para ensayos a flexión – Fuente: Tabulación de resultados..	62
Tabla 19: Momento ultimo a Flexión – Fuente: Tabulación de resultados	63
Tabla 20: Esfuerzo ultimo a flexión – Fuente: Tabulación de datos.....	65
Tabla 21: Módulos de elasticidad para ensayos a flexión – Fuente: Tabulación de resultados	67

Tabla 22: Comparación de resultados obtenidos frente a resultados característicos y admisibles para compresión – Fuente: : “The Structural Engineer, Ing. Sebastián Kaminski.....	68
Tabla 23: Comparación de resultados obtenidos frente a resultados característicos y admisibles para flexión – Fuente: : “The Structural Engineer, Ing. Sebastián Kaminski.....	68
Tabla 24: Estructuras de bambú en Colombia, Fuente: Trujillo, 2007	89
Tabla 25: Estructuras de bambú en Colombia, Trujillo, 2007 p. 28.....	95
Tabla 26: Resultados para ensayos en Conexiones	100
Tabla 27: Tiempo aproximado para reemplazo de culmos	117
Tabla 28: Diseño tradicional vs Diseño mejorado - Fuente: Kaminski, Lawrence, Coates & Foulkes, 2015.....	141
Tabla 29: Resultados para columnas	192
Tabla 30: Resultados para Vigas	195
Tabla 31: Resultados para Barras.....	204
Tabla 32: Combinaciones de Carga, Fuente; NEC-SE-GUADÚA	207
Tabla 33: Esfuerzos Admisibles para Flexión, Fuente: NEC-SE-GUADÚA	208
Tabla 34: Esfuerzos Admisibles para Tracción, Fuente: NEC-SE-GUADÚA	208
Tabla 35: Esfuerzos Admisibles para Compresión Paralela, Fuente: NEC-SE- GUADÚA	208

Tabla 36: Esfuerzos Admisibles para Compresión Perpendicular , Fuente: NEC-SE-GUADÚA.....	209
Tabla 37: Esfuerzos Admisibles para Corte, Fuente: NEC-SE-GUADÚA	209
Tabla 38: Esfuerzos Últimos para Caña Guadúa, Fuente: NEC-SE-GUADÚA ...	210
Tabla 39: Modulo de elasticidad admisibles para especímenes de Caña Guadúa. Fuente: NEC-SE-GUADÚA	210
Tabla 40: Calculo del área neta para especímenes de Caña Guadúa.....	211
Tabla 41: Calculo de inercia para especímenes de Caña Guadúa	211
Tabla 42: Cálculo de esfuerzos admisibles modificados para Caña Guadúa	213
Tabla 43: Diseño de Elementos individuales para Flexo-Compresión	227
Tabla 44: Diseño de Elementos individuales para Tensión axial y/o Flexión	236
Tabla 45: Diseño de elementos Individuales para Corte Paralelo a la Fibra	239
Tabla 46: Evaluación Comparativa entre NEC-SE- GUADÚA y CÓDIGO COLOMBIANO DE LA CONSTRUCCIÓN, TITULO G	261

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Diagrama Esfuerzo- Deformación para Flexión de Especimen 1.....	271
Anexo 2: Diagrama Esfuerzo- Deformación para Flexión de Especimen 2.....	272
Anexo 3: Diagrama Esfuerzo- Deformación para Flexión de Especimen 3.....	273
Anexo 4: Diagrama Esfuerzo- Deformación para Conexión 1	274
Anexo 5: Diagrama Esfuerzo- Deformación para Conexión 2	275
Anexo 6: Diagrama Esfuerzo- Deformación para Conexión 3	276

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

Las estructuras construidas con caña guadúa o madera, forman parte de sistemas constructivos estigmatizados como viviendas para sectores de bajos recursos, debido a la construcción con escasos criterios de durabilidad, mantenimiento y el uso inadecuado de las normas de construcción vigentes en nuestro país, dejando de lado sus características de flexibilidad y ligereza, las mismas que generan un efecto significativo y un comportamiento adecuado ante la presencia de un sismo.

El Ecuador posee una historia de grandes eventos sísmicos, al estar situado dentro del cinturón de fuego del Pacífico, que genera una amenaza constante tanto a la integridad de los ecuatorianos, así como a la actividad económica, por lo que se requieren construcciones sismo resistentes, que cumplan con especificaciones sísmicas de seguridad estructural.

La resistencia de los sistemas estructurales frente a movimientos sísmicos, depende en un alto porcentaje del sistema portante, a su vez, el grado de afectación está basado en la intensidad del movimiento telúrico y el tipo de suelo en el que se encuentran construidas, fue después del terremoto del 16 de Abril del 2016 que se

han desarrollado investigaciones cuyo fin es, determinar delimitaciones que permitan analizar el comportamiento y uso de la caña guadua en construcciones, así como la estipulación de parámetros constructivos que las doten de mayor seguridad ante la presencia de un evento sísmico, delimitando así parámetros que reduzcan la vulnerabilidad de las estructuras en zonas de incidencia sísmica.

Tanto en el aspecto técnico como económico, la construcción con caña guadua, permite ofertar alternativas adaptadas a garantizar las exigencias en zonas sísmicas, con la optimización de recursos, considerándola como materia prima de costo bajo, cuyas propiedades físico mecánicas la caracterizan como un material tan fuerte como la madera, entonces alrededor de 1/30 de la fuerza del acero, capaz de ser utilizada en elementos bajo solicitaciones de compresión como son las columnas, así como en partes de la estructura sometidas a flexión con cargas muertas bajas, en las que las deflexiones no son importantes como vigas secundarias.

Hasta hace poco tiempo, la caña guadúa no era considerada como material estructural por la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC, por lo que, si bien existen diseños estructurales con caña guadua, no se avala con mano de obra calificada, lo que genera un contraste de vulnerabilidad en nuestro país, no siendo este el caso de Colombia, quienes han desarrollado líneas de investigación detalladas que permitan validar a esta como material de construcción, cuyos resultados fueron normados en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Si bien es cierto en los sistemas tradicionales de construcción de la última década como los de concreto y acero, cuando el uso de los mismos es apegado a la filosofía de diseño sismo-resistente, las estructuras demuestran tener un comportamiento más que aceptable ante la eventualidad de un sismo, por lo que es importante aclarar que no son los únicos materiales en el mercado de la construcción, la caña guadua según resultados experimentales podría comportarse de una forma similar a la madera y el acero, a tal punto de que en varios lugares del mundo es conocida como el acero vegetal.

Ecuador es un país que se encuentra atrasado muchos años en comparación con países de la región, no solamente en lo que a diseño y construcción respecta, sino también en el ámbito del control de las construcciones que se realizan en el territorio nacional. No fue extraño ver como algunos procedimientos totalmente apartados de la filosofía de diseño sismo resistente fueron aplicados en las construcciones en zonas de alta incidencia sísmica.

La caña guadua es un elemento innovador en la construcción puesto que, además de tener un buen comportamiento ante eventos sísmicos, cosa que bastaría para utilizarlo como material de construcción, también es un elemento muy resiliente, aunque recientemente se ha normado la construcción con caña guadua, este es un método constructivo que se viene desarrollando desde centenares de años atrás

El documento presentado a continuación tratará acerca del Análisis y Diseño de viviendas construidas con caña guadua, mediante la definición de metodologías de diseño descritas en la NEC- SE- GUADUA y en el REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE – TITULO G – ESTRUCTURAS DE MADERA Y ESTRUCTURAS DE GUADUA (NRS- 10), para la evaluación de las características físico mecánicas de la caña guadua para el análisis y diseño estructural de viviendas y sus conexiones, solicitadas a cargas sísmicas mediante el uso de AUTODESK ROBOT ESTRUCTURAL ANALYSIS PROFESSIONAL, de esta forma se identificara la variación de resultados y la incidencia de los sistemas constructivos, de cada uno de los modelos a realizar bajo las dos normativas antes mencionadas, con lo que se busca determinar la congruencia existente en dichas filosofías de diseño.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar y diseñar una vivienda sismo resistente, construida con caña guadúa, sustentado en la NEC-SE- GUADUA y en el REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE – TÍTULO G – ESTRUCTURAS DE MADERA Y ESTRUCTURAS DE GUADÚA (NSR–10).

1.3.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Realizar el estudio descriptivo-estructural de viviendas de caña guadua.
2. Evaluar las resistencias a flexión y compresión de especímenes de caña guadua, mediante el uso de la norma INEN 2- MTE, “MANUAL DE LABORATORIO SOBRE MÉTODOS DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL BAMBÚ”
3. Determinar las solicitaciones de carga a las que será sometida la estructura con caña guadua.
4. Modelar conexiones resistentes a cargas sísmicas para estructuras de caña guadua en AUTODESK ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROFESSIONAL
5. Comparar el sistema constructivo con caña guadua según la NEC-SE-GUADUA frente al REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE – TÍTULO G – ESTRUCTURAS DE MADERA Y ESTRUCTURAS DE GUADÚA (NSR–10).

6. Establecer conclusiones mediante el estudio realizado
7. Determinar las ventajas y desventajas de construir con caña guadua.

1.4. HIPÓTESIS

Dada la comparación de las filosofías de diseño estructural de la NEC- SE- GUADÚA y el REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE – TITULO G – ESTRUCTURAS DE MADERA Y ESTRUCTURAS DE GUADÚA (NRS- 10), se demuestra el comportamiento de la caña guadúa como material estructural apegado a la filosofía de diseño sismo- resistente, a tal punto que se comporta de forma similar a la madera y al acero, ante la eventualidad de un sismo, sin embargo, los sistemas convencionales aportan mayor confiabilidad al momento de elegir un sistema constructivo.

1.5. METODOLOGÍA

Utilizando tanto la investigación documental como bibliográfica, las mismas que se enfocan en la recopilación de documentación e información que nos permita conocer el campo de la construcción sostenible, específicamente el uso de la caña guadúa como material de construcción, así como la evaluación

experimental mediante ensayos de laboratorio para determinar las características físico-mecánicas de la caña guadúa entre las que se encuentran: resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, módulo de elasticidad del material, humedad natural, con dichos resultados se realiza una exploración correspondiente en libros, normativa vigente (NEC SE-GUADÚA), revistas de construcción, organismos relacionados con la construcción, noticias y cualquier otro medio que pueda aportar con información previa a la tabulación de resultados y así al diseño estructural de viviendas con caña guadua.

Posteriormente se asignan las cargas a las cuales estará sometida la estructura, se realiza una modelación en AUTODESK ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROFESSIONAL de conexiones sismo resistentes, de acuerdo con las características evaluadas de manera experimental mediante la aplicación de carga paralela a la fibra en un modelo a escala, cuyo objetivo es la representación de conexiones de caña y acero, basados en los parámetros de diseño estipulados en la NEC-SE- GUADÚA asociados con criterios constructivos para viviendas sustentables y sismo resistentes. Finalmente se interpretan los resultados obtenidos en relación al objetivo y alcance de la investigación con la finalidad de emitir conclusiones basados en los mismos.

CAPÍTULO II:

MARCO TEÓRICO

2.1. CONCEPTOS GENERALES

Guadúa

Es una de las especies más representativas a nivel de Colombia, Ecuador y Perú del bambú, cuyo nombre científico es *Angustifolia Kunth* (GaK), su importancia radica en las características físico-mecánicas que presenta cada cúmulo, los mismos que serán presentados en el desarrollo de este trabajo de investigación, las mismas que caracterizan al mismo como un material apto para su uso en la construcción, diferenciándose de la madera en el rápido tiempo de crecimiento

Planteamos el uso de la Caña Guadúa de la clase *angustifolia* como un material distinto que podrá ser utilizado en la construcción de viviendas en la costa ecuatoriana. En otros países la caña guadúa es considerada (sin duda alguna) como un material de alta capacidad para solicitaciones a flexión y absorción de energía

sísmica, pero el atraso en temas constructivos presentes en nuestro país, hace que este sea vinculado únicamente a viviendas de interés social.

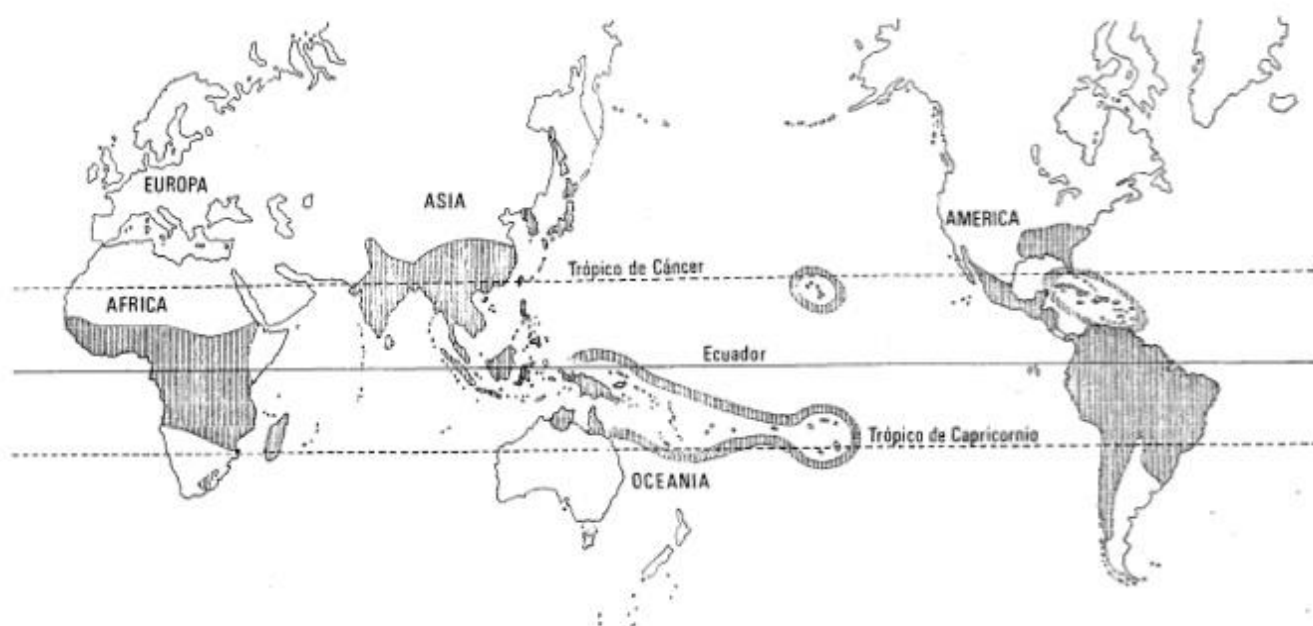


Ilustración 1: Distribución de la caña guadúa en el mundo

Es una alternativa ecológica, así como también económica, ya que es fácil de conseguir, aunque se requiere de conocimientos respecto a la edad de la misma para un mejor aprovechamiento de sus capacidades, es importante mencionar que luego de ser talados se recuperan en cuestión de meses.

Culmo de Caña Guadúa

Es un tallo de caña guadúa, compuesto por nudos y entrenudos, de diámetros distintos, utilizados como elementos estructurales.

Entrenudo

Es una sección de un tallo de caña guadúa que abarca dos secciones de nudos distintos, cuya longitud oscila gradualmente a lo largo de cada culmo, es nombrado también como canuto de caña guadúa.

Nudo

Es una sección de un tallo o culmo de caña guadúa, en el que se presenta el entrecruzado de fibras.

Estructura de Caña Guadúa

Agrupación finita de cúmulos de caña, determinados como elementos estructurales, unidos, dando como resultado una estructura cuyo fin es el de soportar cargas y estados de carga, en distintos instantes de tiempo

Peligro Sísmico

Se refiere a la posibilidad de excedencia en un lugar determinado, en un lapso de tiempo, de movimientos telúricos, caracterizados por la velocidad, aceleración, magnitud e intensidad. (NEC- SE- DS- PELIGRO SISMICO , 2014, pág. 11).

Resistencia

En un elemento estructural se define como resistencia a la del mismo elemento para resistir fuerzas aplicadas secuencialmente en ciclos de carga y descarga, por unidad de área sin originar deformaciones permanentes que generen ruptura o falla definitiva

Esfuerzo Admisible

Se define como el valor máximo de carga que puede soportar un material, sin afectar su desempeño, se lo determina mediante la relación por cociente entre el esfuerzo y el factor de seguridad, generalmente superior a la unidad. (SALAZAR , 2007, pág. 45)

Conexiones

Se define como conexión, a toda aquella junta que tiene como función transmitir los esfuerzos generados por la estructura de un elemento a otro, según lo determine el diseño estructural. El diseño de estas debe ser lo suficientemente explícito, de tal

modo que indique detalladamente a todos los elementos que conforman su acción en conjuntos, es decir clavos, tornillos, placas, etc.

Arriostramiento

Se define como elemento estructural que restringe las deformaciones en una estructura o en elementos de la misma, generalmente de caña guadúa, madera o acero.

2.2. INTRODUCCIÓN A LA CAÑA GUADÚA

El bambú es técnicamente una forma de hierba, que crece en grupos o bosques de grandes secciones tubulares conocidas como tallos. El bambú se puede dividir en dos grupos: correr y agrupar. Las especies agrupadas brotan sus nuevos brotes cerca de la base de los tallos existentes, mientras que las variedades en ejecución pueden enviar brotes hasta a 30 m de un culmo existente, potencialmente en la medida en que los tallos sean altos. La mayoría de las especies tropicales, como las que se encuentran en Indonesia, son de una gran variedad, mientras que las variedades en funcionamiento se limitan en gran medida a las regiones más frías del norte, como China. El bambú difiere enormemente de la madera tanto en el patrón de crecimiento como en la estructura. A diferencia de la madera, los tallos de bambú individuales crecen a su altura y circunferencia en una sola temporada de crecimiento, mientras que la mata alcanza su pico de producción alrededor de los 7

años y puede mantener cultivos regulares de alrededor de 20- 25% a lo largo de su ciclo de vida productivo, hasta que la planta finalmente florece y luego muere

La caña guadua es un material fuerte, de crecimiento rápido y muy sustentable, ha sido usado por miles de años en varias partes del mundo. En los tiempos modernos, tiene el potencial de ser una mejor alternativa, estéticamente agradable y de bajo costo en comparación de otros materiales como la madera, esto queda demostrado en algunas impresionantes y hermosas estructuras construidas recientemente.

Este trabajo de investigación trata de reunir todo el conocimiento actual que se tiene de la caña guadua, así como también las mejores prácticas en cuanto al uso estructural de la caña guadua se trata.

Por lo cual se trata (en esta sección) de brindar un conocimiento general de la caña guadua, donde tomará lugar importante las características y propiedades físicas de la misma para el diseño estructural. Es necesario tener en cuenta lo anteriormente mencionado ya que para cada proyecto en particular obligatoriamente se requiere conocer las propiedades básicas de un grupo de GaK, puesto que pese a tener valores muy parecidos entre los distintos grupos de este material, siempre es bueno sustentar dichos valores en ensayos de laboratorio para obtener valores reales de la resistencia ante diversas solicitaciones de dicho grupo.

2.2.1. Partes de un Espécimen de Caña Guadua

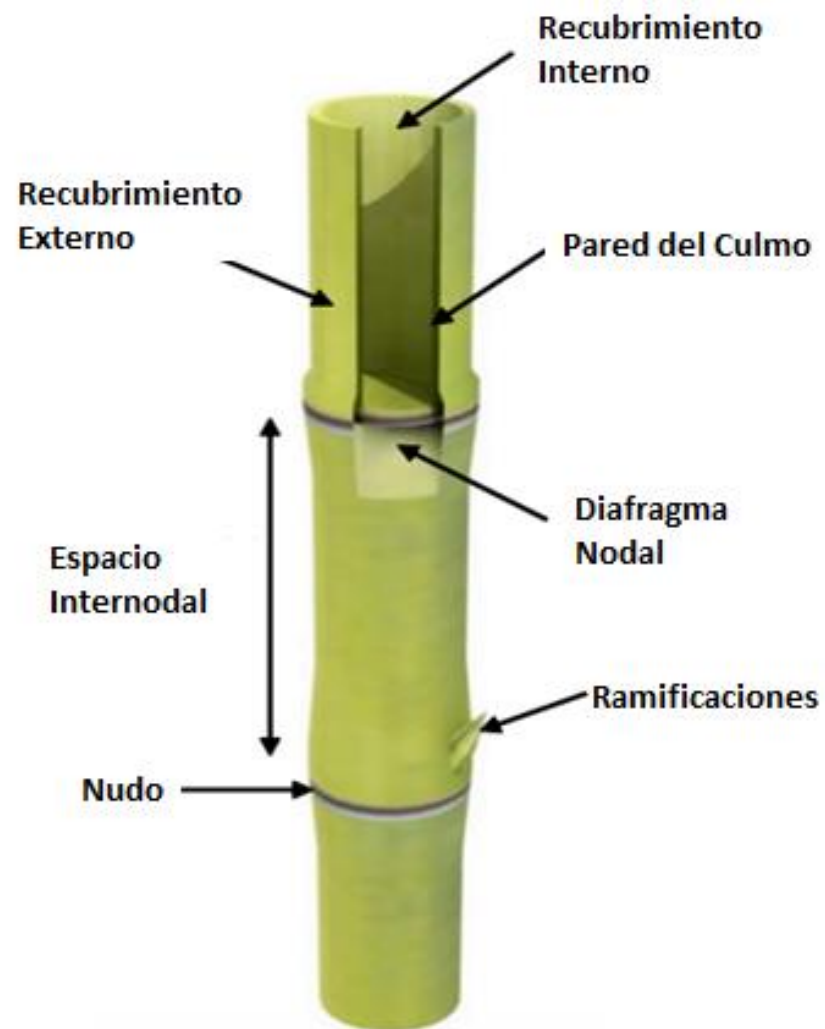


Ilustración 2: Partes de la caña guadúa

2.2.2 USOS DE LA CAÑA GUADÚA A TRAVÉS DEL TIEMPO

USO DE LA CAÑA GUADUA DE ACUERDO A LA EDAD					
EDAD	20 a 30 Dias	6 Meses	1 Año	2 Años	3 Años o más
USO	Alimentacion humana	Uso Artesanal (canastos, esteras y tejidos)		Elaboracion de esterillas, latas y cables con cinta de	estructuras , baldosas laminadas
OBSERVACIÓN	Se puede utilizar deformacion artificial para obtener bambues de seccion cuadrada	-	-	-	Conocida como caña sazónada, empleadas en productos que serán sometidos a desgaste.

Tabla 1: Usos de la caña guadua de acuerdo a la edad Fuente: MANUAL DE CONSTRUCCIÓN CON BAMBÚ-OSCAR HIDALGO LÓPEZ

2.3. LA CAÑA GUADÚA COMO ELEMENTO DE CONSTRUCCIÓN

Para poder diseñar en base a un material, es obligatorio conocerlo a profundidad, inicialmente al ver un culmo de GaK se tiene la idea que este grupo de culmos son un árbol. Sin embargo, según botánicos que conocen del tema después de diversos estudios determinaron que la Caña Brava pertenece a la diversidad de los pastos. Existen como ya se ha mencionado en este documento más de 1000 especies en el mundo, un hecho particular y sorprendente de esto, podría darse al conocer que más de 400 especies son originarias del continente americano. Estas especies pueden crecer a lo largo de norte América hasta llegar a Sur América, es importante conocer que este tipo de pasto no crece en el viejo continente europeo.

La caña guadúa o caña brava, no debe ser tomada a la ligera. Esto debido a que un diseño basado en su uso, requiere de fuertes conocimientos en cuanto a la ingeniería de la madera se refiere. Esta aseveración no implica que se pueda llegar a la conclusión de que tanto madera como la caña tengan el mismo comportamiento. Para esto es necesario un entendimiento claro de la composición de la GaK.

Una característica principal que diferencia a la madera de la caña brava, es el tiempo que este requiere para llegar a su altura final y a su madurez. Mientras que en la madera puede este proceso llevar décadas, a la caña este le puede llevar pocos años para madurar y hasta seis meses para alcanzar aproximadamente su altura máxima. Esta cualidad es lo que ha hecho que muchos constructores tomen en cuenta a este material, como material resiliente y barato, como por ejemplo un proyecto de vivienda para personas con pocas posibilidades o si fuera el caso en situaciones de emergencia, como los terremotos.

Nota: Una parte importante en diseño con GaK, es la de conocer las propiedades mecánicas, mismas que han sido abordadas en capítulos anteriores, del presente documento.

2.4. USO ACTUAL DE LA CAÑA GUADÚA

Inicialmente su uso estructural se vio muy despreciado, esto por el error de algunos técnicos que han percibido (y que varios siguen manteniendo), de que solo el hormigón y el acero son ideales para construir. Los arquitectos le han dado valor a su uso, esencialmente por su estética la utilizan para fines meramente arquitectónicos. Pese a la publicación de muchos libros que hablaban acerca de las propiedades de este material, se mantuvo la idea de que era solamente para los pobres y marginados. Pronto esta visión iba a cambiar a finales del siglo XX en la región latinoamericana.

El cambio de percepción de este material se debió a dos principales factores. El factor principal fue el de los continuos terremotos suscitados en la región latinoamericana, como el de Bahía de 1998 y el de la Región Cafetera en 1999 (por mencionar algunos), donde los marcos de Bahareque en base a caña guadua resistieron satisfactoriamente estos embates de la naturaleza, mientras que estructuras de hormigón quedaron prácticamente inservibles y significaron la muerte de muchas personas. Un segundo factor muy importante, tuvo lugar al darse cuenta luego de una evaluación rápida, de que las casas de caña guadua que habían sufrido daños significativos, fueron las que no trataron al material, realizaron cimentaciones embebidas o que no cumplían con los requisitos necesarios.

Luego de ver este desempeño, muchas organizaciones no gubernamentales decidieron donar casas construidas en este material, pero sin sustento de un código o manual técnico que brinde directrices fiables a estos proyectos. Al darse cuenta de esto la AIS que es la asociación de Ingeniería de terremotos de nuestro vecino país colombiano, puso en marcha un plan de investigación, para crear un código que abarque parámetros de construcción en este material. Por otro lado, Ecuador se quedaría sin un código propio hasta el 2015, donde por primera vez se lanzó uno para este fin, gracias a los experimentos realizados por la Universidad Católica del Guayaquil. Aunque se sabe que falta por perfeccionar este código, es el punto de partida para la construcción adecuada en este material.

Luego de los ensayos de la AIS, donde se ensayaron muchos paneles de guadúa ante fuerzas laterales cuasi-estáticas y su comportamiento fue satisfactorio. Se procedió a modernizar la construcción de bahareque que utilizaba paja y heces, para reemplazarlo por mortero. Hoy por hoy la guadua ya no es catalogada como un material para pobres, como consecuencia a diversos factores, pero principalmente gracias al trabajo realizado por un arquitecto colombiano (Simón Vélez), que ha cambiado este punto de vista. Por sus grandes obras arquitectónicas y el apoyo que tiene de personas muy pudientes, ahora se la utiliza como material de lujo que, si es bien diseñado, puede soportar sismos.

CAPÍTULO III

DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA CAÑA GUADÚA

Las comunidades requieren un material de construcción fuerte, práctico y rentable que pueda ayudar a proporcionar viviendas seguras y asequibles. Nuestra experiencia demuestra que el bambú puede cumplir estos criterios. Este recurso en gran medida sin explotar ofrece una alternativa climáticamente inteligente para otros materiales de construcción que es barata, tiene un impacto ambiental mínimo y está disponible en muchos países de bajos y medianos ingresos en los trópicos y sub trópicos, donde crece naturalmente.

En el presente capítulo se detallarán los resultados de las características físico mecánicas de especímenes seleccionados de caña guadúa, cuyo origen será la provincia de Manabí, basados en ensayos experimentales de compresión, tracción y flexión, mediante el uso de la norma INEN 2- MTE, “MANUAL DE LABORATORIO SOBRE MÉTODOS DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL BAMBÚ”

Varios factores como la edad, el tipo de suelo, la geografía, humedad natural, las precipitaciones, entre otras variables determinan que la construcción con el uso de este material sea difícil, ya que no existe una normalización experimental certera para ensayos de laboratorio, así como para procesos constructivos con el mismo.

3.1. PROPIEDADES FÍSICAS

Su variabilidad tanto en el eje axial, tangencial y radial, hacen de la caña guadua un material no homogéneo, es decir las propiedades varían en torno a los ejes citados anteriormente.

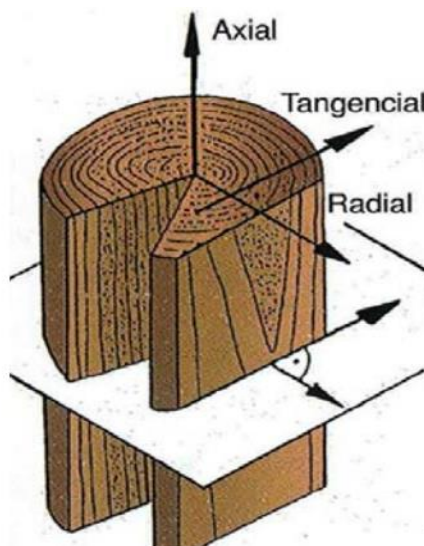


Ilustración 3: Principales direcciones de la caña guadua

Se entiende por propiedades físicas a aquellas que caracterizan el comportamiento ante el medio ambiente sin que alteren la estructura química o mecánica del mismo.

3.1.1 HUMEDAD NATURAL

La humedad natural de la caña guadúa es una variable característica de los troncos de la misma, en función de la edad y el alto alcanzado en dicho periodo de vida, puede verse influenciada por la época ambiental de acuerdo al mes o temporada climática, mostrando más humedad durante el periodo invernal y menos durante los periodos de sequía.

Dos aspectos característicos para determinar la contracción del material natural, está basado tanto a lo largo de la longitud del tronco, así como al espesor de las paredes. “esta contracción es importante considerando el uso. La contracción de troncos verdes o jóvenes es mayor que en los trocos maduros” (lopez)

Marca su importancia debido a la varianza en resistencia en ambos casos, es así como para en troncos maduros se puede apreciar mayor resistencia a la tracción y a la flexión, asociando directamente a la disminución de humedad con el endurecimiento de los tallos.

3.1.2 DURABILIDAD

De los tipos de bambú mostrados a lo largo del desarrollo del presente trabajo de investigación, la caña Guadúa se caracteriza por una mayor resistencia al ataque de escarabajos, comején o termitas y hongos en comparación con otras especies, pero lo hace mucho más vulnerable que la misma madera.

DURABILIDAD		
	SIN TRATAMIENTO	OBSERVACIONES
Interno, sin riesgo de insectos	30 o más años	No es posible de aplicar en Ecuador
Interno, alto riesgo de insectos	2-6 años	Imposible, por el ataque de hongos
Externo, arriba de tierra	0.5-4 años	
Externo, en contacto con la tierra	menos de 6 meses	

Tabla 2: Durabilidad de la Caña Guadua – Fuente: Seminario: Diseño, cálculo y construcción en caña Guadua – Ing. Sebastián Kaminski

A su vez dependiendo la humedad presentada en cada espécimen a utilizar, se dará el tratamiento para la conservación del mismo, así como para evitar plagas que afecten la durabilidad y uso en la construcción, buscando prolongar el tiempo de vida útil, a continuación, se muestran los resultados comparativos de la durabilidad sin tratamiento frente a la durabilidad con tratamiento

DURABILIDAD			
	SIN TRATAMIENTO	TRATADO CON BORO	TRATADO CON CONSERVANTES FIJADOS (COBRE)
Interno, sin riesgo de insectos	30 o más años	30 o más años	30 o más años
Interno, alto riesgo de insectos	2-6 años	30 o más años	30 o más años
Externo, arriba de tierra	0.5-4 años	2-15 años	30 o más años
Externo, en contacto con la tierra	menos de 6 meses	menos de 1 año	15 o más años

Tabla 3: Durabilidad de la Caña Guadua con tratamiento – Fuente: Seminario: Diseño, cálculo y construcción en caña Guadua – Ing. Sebastián Kaminski

La gran parte de diseñadores no consideran correctamente la durabilidad del material, ya que en contacto con tierra es un requerimiento normado de diseño alejar al mismo 400 mm del piso

3.1.3 RESISTENCIA

La resistencia evaluada mediante ensayos de laboratorio, muestra que la caña guadúa es tan fuerte como la madera, es decir alrededor del 1/30 de la fuerza del acero, para la determinación de la resistencias de especímenes de caña guadua es de vital importancia conocer la relación existente entre la longitud y la sección

mínima, la misma que para recomendaciones constructivas ayudará a prevenir el pandeo de elementos estructurales, dichos resultados aumentan en función de la edad, hasta los 3 años el aumento es significativo mientras que pasado este lapso de tiempo el incremento es relativamente despreciable.

3.1.4. DENSIDAD

Se conoce como densidad a la relación por cociente entre la masa y el volumen de un espécimen de caña guadúa, la densidad de este material fluctúa en función de la humedad del mismo y si consideramos únicamente la pared para el análisis o conjuntamente el material en sí, para lo cual el rango de valores se encuentra entre $500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ y $800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ para fines constructivos el valor a usar es de $650 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. El valor mostrado indica que, al tratarse de un material denso, origina mayor presencia de fisuras.

3.1.5. RELACIONES COMPARATIVAS RESISTENCIA-DENSIDAD

Elaborando una relación directamente proporcional entre el peso específico de los especímenes y la resistencia admisible a la tensión de los mismos, encontramos los siguientes resultados comparativos expuestos en la tabla a continuación:

MATERIAL	RESISTENCIA ADMISIBLE A LA TENSIÓN (Kg/cm ²)	DENSIDAD (Kg/m ³)	RELACIÓN RESISTENCIA-PESO
Caña Guadua	1400	650	2.15
Madera Laminada	400	500	0.8
Aluminio	1900	2700	0.7
Madera Seleccionada	300	500	0.6
Acero	4400	7800	0.56
Madera Común	200	500	0.4

Tabla 4: Tabla comparativa de relaciones Resistencia-Peso. Fuente: Riera Iván, “La caña guadúa”

MATERIAL	RESISTENCIA ADMISIBLE A LA TENSIÓN (Kg/cm ²)	DENSIDAD (Kg/m ³)	RELACIÓN RESISTENCIA-PESO
Hormigón pretensado	670	2300	0.29
Hormigón armado	370	2300	0.16

Tabla 5: Tabla comparativa de relaciones Resistencia-Peso del Hormigón – Fuente: Riera Iván, “La caña guadúa”

De las relaciones realizadas anteriormente podemos observar como la caña guadúa posee la relación más alta entre la resistencia admisible y el peso específico, relación que aventaja al mismo en el medio de la construcción, pero al tratarse de un material poco convencional, dichas propiedades no generan ningún beneficio.

3.2. PROPIEDADES GEOMÉTRICAS DE LA SECCIÓN

La sección de un espécimen de caña Guadúa pertenece a una sección tubular o cilindro hueco, con secciones transversales similares a intervalos en forma de rectángulo, que basados en la relación entre la longitud y la sección mínima, ayudan a evitar el pandeo de estructuras en base de este material.

A continuación, mostraremos el momento de inercia de la sección.

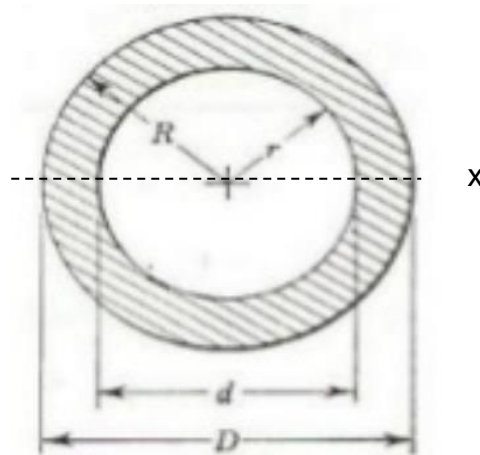


Ilustración 4: Sección transversal de un cilindro hueco

$$I_x = \frac{\pi}{64} * (D^4 - d^4) \text{cm}^4$$

$$I_x = \frac{D^4 - d^4}{20} \text{cm}^4$$

Ecuación 1: Momento de inercia de un cilindro hueco

Donde:

D = diámetro externo de la sección

d = diámetro interno de la sección

I_x =Momento polar de inercia respecto al eje x , de la sección

3.3. PROPIEDADES MECÁNICAS

Conocemos como propiedades mecánicas de una sección de caña guadúa a aquellas que la caracterizan para soportar cambios en su tamaño o forma, mediante la aplicación de fuerzas por unidad de área. La ventaja de la alta resistencia de la caña guadúa en relación a su peso, está en la capacidad de las paredes y la estructura de las mismas.

A continuación, describiremos las resistencias a ser evaluadas en laboratorio, para dar cumplimiento a los objetivos de este trabajo de investigación y experimentación.

En longitud, la caña guadúa genera una alta resistencia a la tracción y a la compresión, mientras que la estructura tubular de la sección muestra la debilidad respecto a su ancho, donde se genera fallas por aplastamiento, salvo en los nudos.

La flexibilidad que presenta este material en toda la longitud permite altos niveles de absorción de impactos, para lo cual genera ventajas al momento de diseñar elementos curvos sujetos a tensión.

Constructivamente, la caña guadúa se utiliza mejor en:

- Elementos que trabajen en compresión
- Elementos en flexión con cargas muertas y/o vivas bajas, donde la deflexión es poco importante.

Esto lo hace un material recomendable para estructuras tales como:

- Techos, correas y viguetas
- Partes de la estructura solicitadas solo a compresión- columnas
- Partes de la estructura donde la deflexión es poco importante- vigas secundarias

3.3.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

La rotura de la caña guadua en solicitaciones a compresión no es claramente explicado puesto que se produce en la gran mayoría de casos prácticos por aplastamiento de las fibras, pudiendo el material seguir aguantando

Solicitaciones, estudios afirman que los resultados dados en esta resistencia hacen de la caña guadua un material apto para la construcción, mientras que los fallos por

compresión paralela a la fibra indican que se puede llegar a tener consecuencias catastróficas al usarla como material estructural debido a la pérdida de verticalidad, sobre todo en el caso de pilares y columnas.



Ilustración 5: Ensayo de compresión – Fuente: Ensayos de Laboratorio PUCE

Varias propiedades que poseen influencia directa en la resistencia a compresión de la caña guadua son:

- Humedad natural del material: para observar resultados favorables en resistencia a compresión es favorable que la humedad del material se encuentre entre el rango de 8% y 18%, observando así una mínima variación lineal.
- Temperatura: la resistencia a la compresión disminuye linealmente al aumento de temperatura.

- Nudos: los ensayos son realizados bajo normativa, únicamente con en especímenes sin nudo.

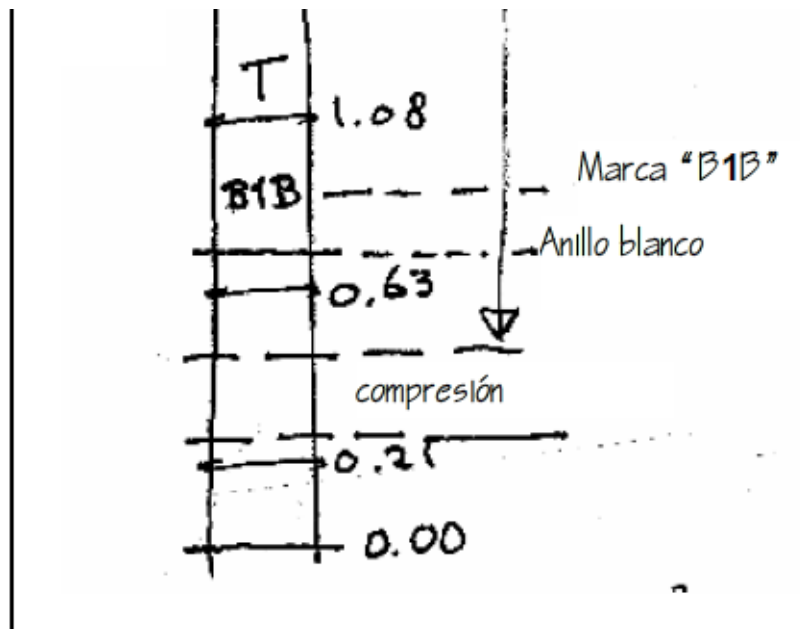


Ilustración 6: Requerimientos de corte para ensayo a compresión- Fuente: INEN 2- MTE

- Peso específico: al tratarse de un material sumamente denso este presenta mayores cantidades de fisuras lo cual lleva a una falla por aplastamiento más visible.
- Inclinação de las fibras: al presentar tres direcciones de evaluación, tangencial, radial y longitudinal, la resistencia varía de acuerdo a la dirección en la que se realice el ensayo.

Se evaluará el comportamiento de seis especímenes de caña guadúa ante el esfuerzo a compresión mediante la norma INEN 2- MTE, “MANUAL DE LABORATORIO SOBRE MÉTODOS DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL BAMBÚ”, adicionalmente se evaluaron las probetas para determinar el tipo de falla, medir deformaciones, calcular módulos de elasticidad y el coeficiente de Poisson característicos del material, para así proceder a la comparación con los valores de esfuerzos admisibles presentados en la tabla 4.

3.3.2. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

Basados en la norma INEN 2- MTE, “MANUAL DE LABORATORIO SOBRE MÉTODOS DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL BAMBÚ”, los especímenes tomados para evaluar la resistencia a la flexión son cañas completas, mediante un ensayo de cuatro puntos, como se muestra a continuación:



Ilustración 7: Ensayo de flexión en caña guadúa – Fuente: Ensayos de Laboratorio PUCE

Este ensayo permite conocer las resistencias resultantes para elementos sometidos a cargas muertas y cargas vivas bajas, en los que los valores de deflexión sean poco importantes, así como vigas secundarias.

Se evaluará el comportamiento de cuatro especímenes de caña guadúa ante el esfuerzo a flexión mediante la norma INEN 2- MTE, “MANUAL DE LABORATORIO SOBRE MÉTODOS DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL BAMBÚ”, adicionalmente se evaluaron las mismas probetas para determinar deformaciones, calcular módulos de elasticidad y el coeficiente de Poisson característicos del material, para así proceder a la comparación con los valores de esfuerzos admisibles presentados en la tabla 4.

3.3.3. RESISTENCIA A LA TENSIÓN

Según la norma Ecuatoriana INEN 2- MTE, “MANUAL DE LABORATORIO SOBRE MÉTODOS DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL BAMBÚ”, los especímenes tomados para evaluar la resistencia a la tensión, serán clasificados en dos grupos de 3 cada uno, el grupo con nudo y el grupo sin nudo, los resultados de este trabajo experimental serán muy significativos ya que la varianza en tensión con nudo arrojará valores de resistencia muy bajos, es decir de un máximo del 30% del valor de resistencia de especímenes sin nudo.

Nuevamente se utilizarán las probetas de ensayo para determinar las deformaciones a diferentes periodos de carga sometidos y así calcular los módulos de elasticidad de las mismas.

Debido a requerimientos de la maquinaria utilizada en el laboratorio de resistencia de materiales de construcción de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Previo a la elaboración del ensayo se colocó una capa fibra de vidrio acompañada de una masilla especial que dotaba de mayor resistencia a los especímenes en las zonas esquineras, las cuales serán colocadas en las mordazas de la máquina de ensayo, como se indica a continuación:



Ilustración 8: Ensayo de tensión en caña guadúa – Fuente: Ensayos de Laboratorio PUCE

3.3.4. RESISTENCIAS ADMISIBLES

Una de las finalidades del diseño y análisis de Estructuras sismo resistentes, construidas con caña guadua, es determinar las características de esta como elemento estructural, para lo cual se debe realizar una comparación entre los

valores de resistencias obtenidas mediante ensayos de laboratorio y los valores característicos, resultado de métodos investigativos y normados para su correcto uso, a continuación, se expone la tabulación de dichos valores:

RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS PARA DISEÑO			
	FLEXIÓN (N/mm ²)	TENSIÓN (N/mm ²)	COMPRESIÓN (N/mm ²)
Guadúa Angustifolia	35-50	40	20
Diseño con todas las especies	30	40	20
Madera blanda, para comparación	24	14	22

Tabla 6: Esfuerzos Admisibles para Cualquier tipo de bambú – Fuente: “The Structural Engineer, Ing. Sebastián Kaminski

3.3.5. MÓDULO DE ELASTICIDAD

La falta de numerosas pruebas experimentales sobre la caracterización del material, varios autores han recopilado información para poder estipular valores guía sobre el módulo de elasticidad en función de los porcentajes de contenido de humedad existentes en los especímenes de caña guadúa, los mismos que

presentaremos a continuación en la Tabla 3.6. El módulo de elasticidad indica el comportamiento del material relacionando la deformación producida ante la carga aplicada en la zona de rango elástico. Esta propiedad del material es expresada en unidades de resistencia mecánica

MODULO DE ELASTICIDAD TÍPICO PARA CAÑA GUADUA CON CONTENIDO DE HUMEDAD DE 12-19 %	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	MÓDULOS PROMEDIO (N/mm ²)
12	10000-17000
19	8500-15000

Tabla 7: Módulos de elasticidad para Caña guadúa con contenidos de humedad entre 12-19% Fuente: "The Structural Engineer, Ing. Sebastián Kaminski

Factores que influyen en el módulo de elasticidad de la caña guadúa:

- Tipo de carga aplicada
- Tipo de fibra ya sea interna o externa del espécimen a ensayar

En este trabajo de investigación se mostrará el cálculo del módulo de elasticidad, basados en la parte lineal del diagrama carga-deformación (Anexo 1) obtenidos en los ensayos de resistencia antes mencionados, encontrándose el resultado entre 20 y 80 por ciento de la resistencia final obtenida

3.3.6. COEFICIENTE DE POISSON

El coeficiente de Poisson, es una característica elástica constante del material, permite identificar la magnitud que se estrecha una sección determinada durante el rango elástico lineal, durante un ciclo de estiramiento longitudinal, estrechándose perpendicularmente al estiramiento.

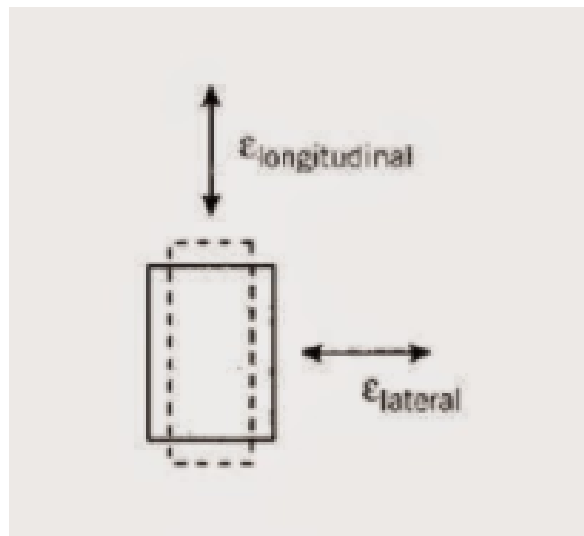


Ilustración 9: Coeficiente de Poisson – Fuente: Roylance David, 2008, Mechanical Properties

Se expresa mediante la ecuación:

$$\nu = \frac{\epsilon_{\text{lateral}}}{\epsilon_{\text{longitudinal}}}$$

Ecuación 2: Relación de Poisson

Donde:

ν =Coeficiente de Poisson

ϵ lateral=deformación unitaria lateral

ϵ longitudinal=deformación unitaria longitudinal

3.4. ELABORACIÓN DE ENSAYOS

La caña Guadúa es un material de construcción muy distinto con su propio conjunto de propiedades que lo caracterizan. Una buena comprensión de las diferencias fundamentales entre la caña guadúa y otros materiales de construcción son esenciales para la implementación con éxito de los proyectos en base a este material.

Debido a las buenas propiedades que presenta la GaK, es común que la gente la llame erróneamente como el acero vegetal, a tal punto que al ser transmitido verbalmente entre la gente se lo llegue a comparar con el mismo acero, cosa que es muy alejada de la realidad. Para aclarar un poco el tema, la caña llega a acercarse a la resistencia de maderas con aceptable comportamiento para ser usada en las estructuras, menos cuando se le solicita a tensión perpendicular a la fibra, donde la madera la supera ampliamente. Aunque es cierto lo anteriormente

mencionado la guadua angustifolia se comporta de buena forma en tensión, flexión y compresión, cuando se somete a esfuerzos admisibles que no superen los 15 N/mm². Sin embargo la caña se comporta de una forma muy inadecuada al ser sometidas a esfuerzos de corte que por lo general se encuentra en un valor aproximado de 1,2 N/mm², ya que las paredes de la caña son muy débiles a este tipo de solicitaciones, además este material no actúa de manera satisfactoria ante los esfuerzos tensión perpendicular a la fibra (8 parte 1), ya que la caña no se encuentra naturalmente diseñada para soportar estas fuerzas por ser un cilindro hueco, por lo tanto los expertos dan por hecho que las uniones son la parte más débil de las estructuras construidas en GaK, motivo por el cual son las partes más difíciles de diseñar y en donde más prolijidad deberá tener el diseñador.

Qué tan bien se diseña, construye y mantiene un edificio de caña guadúa afectará en gran medida la durabilidad de la estructura., para lo cual en esta sección se darán a conocer tanto los ensayos realizados así como los resultados de los ensayos mecánicos para diferentes solicitaciones del material estructuralmente, así como son: resistencia a la compresión, flexión y tensión, los mismos que nos permitirán detallar los procedimientos de cálculo para determinar el contenido de humedad, el área, los momentos de inercia, el módulo de elasticidad, el coeficiente de Poisson y las deformaciones de cada espécimen en análisis.

3.4.1. SELECCIÓN DE LOS ESPECÍMENES EN LOS ENSAYOS

Los especímenes de caña guadúa utilizados para la elaboración de los ensayos, fueron cañas cuyo nombre científico es *Guadúa Angustifolia*, también conocida como caña brava, una de las 44 especies nativas de bambú distribuidas a nivel del territorio ecuatoriano como muestra la imagen a continuación en la Imagen 11.



Ilustración 10: Especímenes de caña guadúa – Fuente: Ensayos de Laboratorio PUCE

Mediante un análisis visual se determinó que las cañas utilizadas para los ensayos son cañas de 3 a 5 años de edad, identificadas gracias a la presencia de manchas

de color blanco a lo largo del tallo, es recomendable el uso de especímenes con edades medias ya que los cambios en el contenido de humedad natural son mínimos, mientras que más jóvenes la contracción en volumen debido a la humedad son mucho más comunes. A su vez no se deben usar cañas con edades superiores a 5 años puesto que los resultados de resistencias a tracción disminuyen de manera considerable.

Es importante recalcar que las cañas utilizadas para este trabajo investigativo, no fueron curadas previamente.

No.	Especi	No.	Especi	No.	Especie
01.	<i>Arthrostyidium ecuadorens</i> Judziewicz & L.G. Clark	18.	<i>C. neurophulla</i> L.G. Clark	35.	<i>N. elata</i> (Kunth) Pilger
02.	<i>A. simpliciusculum</i> (Pilger) McClure	19.	<i>C. perligulata</i> (Pilger) McClure	36.	<i>N. fimbriigulata</i> ssp. <i>Fimbriigulata</i> L.G.
03.	<i>A. youngianum</i> L.G. Clark & Judziewicz	20.	<i>C. aff. Polyclados</i> Pilger	37.	<i>N. nana</i> L.G. Clark
04.	<i>Aulonemia Haenkei</i> (Ruprecht) McClure	21.	<i>C. scandens</i> Kunth	38.	<i>N. nobilis</i> (Munro) Pil-ger
05.	<i>A. hirtula</i> (Pilger) Mc Clure	22.	<i>C. serpens</i> L.G. Clark	39.	<i>N. rigida</i> L.G. Clark
06.	<i>A. longiaristata</i> L.G.Clark & X.Londoño	23.	<i>C. simpliciflora</i> Munro	40.	<i>N. stuebelii</i> (Pilger) Pil-ger
07.	<i>A.patula</i> (Pilger) Mc Clure	24.	<i>C. subulata</i> L.G. Clark	41.	<i>N. villosa</i> L.G. Clark
08.	<i>A. queko</i> Goudot	25.	<i>C.tessellata</i> Munro	42.	<i>N. weberbaueri</i> Pilger
09.	<i>Chusquea albilanata</i> L.G. Clark & X. Londo- ño	26.	<i>C. uniflora</i> Steudel	43.	<i>Rhipidocladum har-</i> <i>monicum</i> (Parodi) Mc- Clure
10.	<i>C. exasperate</i> L.G. Clark	27.	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	44.	<i>Rhipidocladum ra-</i> <i>cemiflorum</i> (Steudel) McClure
11.	<i>C. falcate</i> L.G. Clark	28.	<i>G. superba</i> Huber		
12.	<i>C. lehmannii</i> ssp. <i>Lehmannii</i> Pilger	29.	<i>G. weberbaueri</i> Pilger		
13.	<i>C. Lehmannii</i> ssp. <i>Farinosa</i> L:G: Clark & X. Londoño	30.	<i>G. latifolia</i>		
14.	<i>C.loenardiorum</i> L.G. Clark	31.	<i>G. perligulata</i>		
15.	<i>C. londoniae</i> L.G. Clark	32.	<i>Neurolepis aperta</i> (Munro) Pilger		
16.	<i>C.loxensis</i> L.G. Clark	33.	<i>N. aristata</i> (Munro) A. Hitchcock		
17.	<i>C. macclurei</i> L. G. Clark	34.	<i>N. asymmetrica</i> L.G. Clark		

Ilustración 11: Especies Nativas de Bambú en el Ecuador – Fuente: Adaptado de INBAR, 1998, “Bamboo for Sustainable Development. International Bamboo Congress”, Tokyo.

3.4.2. CONTENIDO DE HUMEDAD

Siguiendo los lineamientos estipulados en la norma INEN 2- MTE, “MANUAL DE LABORATORIO SOBRE MÉTODOS DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL BAMBÚ”, tomando los pesos previos iniciales, dejándolos en el horno durante 24 horas y registrando nuevamente un peso en estado seco, para poder realizar el cálculo del contenido de humedad existente.



Ilustración 12: Especímenes ensayados para contenido de humedad – Fuente: Ensayos realizados en el Laboratorio de materiales de la PUCE

El contenido de humedad se encuentra expresado por:

$$CH = \left(\frac{m_s - m_o}{m_o} \right) * 100$$

Ecuación 3: Contenido de humedad – Fuente: norma INEN 2- MTE

Donde:

CH=Contenido de humedad en porcentaje

m_o =Masa de la muestra inicial

m_s =Masa de la muestra después de 24 horas de secado

Se determinará el contenido de humedad inmediatamente realizados los ensayos tanto en compresión, en flexión y en tensión.

Los resultados se encuentran tabulados a continuación:

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)					
	MUESTRA #	MASA INICIAL (gr)	MASA SECA (gr)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	PROMEDIO CH (%)
COMPRESIÓN	1	72.82	69.48	4.59	12
	2	72.95	62.14	14.82	
	3	74.87	64.89	13.33	
	4	86.13	74.15	13.91	
	5	173.11	153.21	11.50	
	6	151.55	134.78	11.07	
FLEXIÓN	1	177.24	157.12	11.35	15
	2	171.72	148.19	13.70	
	3	175.17	138.97	20.67	
TENSIÓN	1	325.41	297.41	8.60	13
	2	347.48	279.65	19.52	
	3	398.95	356.97	10.52	
	4	374.12	301.89	19.31	
	5	369.46	327.14	11.45	
	6	376.99	349.65	7.25	

Tabla 8: Contenido de humedad para resultados a compresión, flexión y tensión

Una vez determinados los contenidos de humedad para los 15 especímenes ensayados se realiza una tabulación comparativa con los valores dados en la Guía Técnica “THE STRUCTURAL ENGINEER”, elaborada por Sebastián Kaminski, para aportes del uso estructural del bambú, cuyas solicitudes de contenido de

humedad admisibles para poder realizar las pruebas de resistencias a compresión, flexión y tensión son de valores que oscilen entre el 12% y el 19% para el tipo de bambú con el que se trabaja en este documento. A continuación, en la tabla 3.8 se muestran los resultados de dicha comparación.

	MUESTRA #	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	COMPARACIÓN 12%-19%
COMPRESIÓN	1	5	NO CUMPLE
	2	15	CUMPLE
	3	13	CUMPLE
	4	14	CUMPLE
	5	11	NO CUMPLE
	6	11	NO CUMPLE
FLEXIÓN	1	11	NO CUMPLE
	2	14	CUMPLE
	3	21	NO CUMPLE
TENSIÓN	1	9	NO CUMPLE
	2	19	CUMPLE
	3	11	NO CUMPLE
	4	19	CUMPLE
	5	12	CUMPLE
	6	7	NO CUMPLE

Tabla 9: Tabla comparativa entre resultados obtenidos y valores admisibles de humedad natural

3.4.3. DENSIDAD DE LAS MUESTRAS

Para el cálculo de la densidad de las muestras de caña guadúa, se toman con ayuda de un calibrador electrónico de precisión, las medidas del diámetro exterior, espesor de pared y altura de la muestra, respectivamente, como se puede observar en la Imagen 3.10.

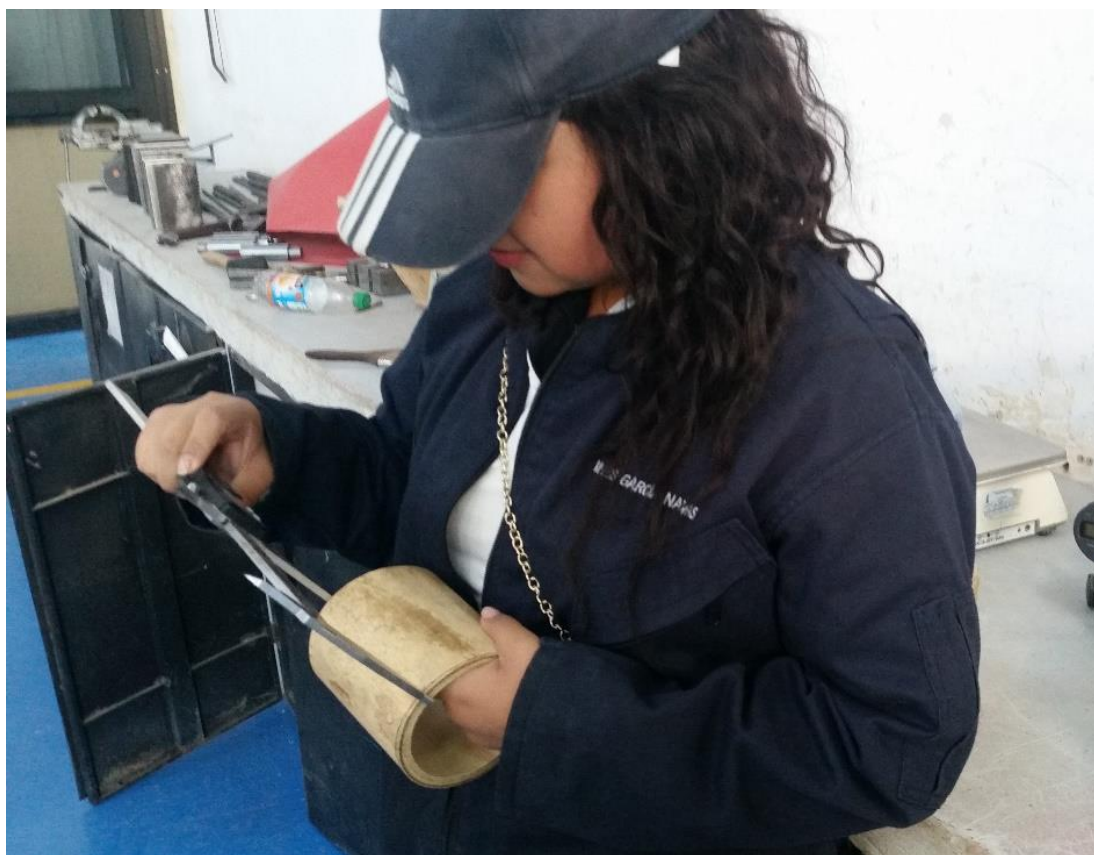


Ilustración 13: Registro de Medidas para la determinación de la densidad de muestras sometidas a compresión

La densidad o peso específico está dado por la ecuación 4:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Ecuación 4: Peso Específico – Fuente: INEN 2, MTE

Donde:

ρ =Densidad o Peso específico del material

m = Masa de la muestra

V = Volumen de la muestra

La masa es registrada con la ayuda de una balanza automática, antes de la realización de los ensayos, mientras que el volumen se lo encuentra guiados en la ecuación 5

$$V = \frac{\pi}{4} * h * (D^2 - d^2)$$

Ecuación 5: Volumen de un cilindro hueco – Fuente: Propiedades de secciones , OVIE

Donde:

V= Volumen de un cilindro hueco

h= Altura de la muestra

D= Diámetro externo de la muestra

d= diámetro interno de la muestra

A continuación, se presentan los resultados para peso específico obtenidos para las muestras de compresión y flexión.

3.4.3.1 DENSIDAD DE MUESTRAS PARA ENSAYOS A COMPRESIÓN

MUESTRA 1	1	2	3	4	PROMEDIO	VOLUMEN (mm3)	VOLUMEN (m3)	PESO ESPECIFICO (kg/m3)
DIÁMETRO EXTERNO (mm)	69.92	69.17	71.03	72.47	70.65	169173.49	0.0001692	607.72
DIÁMETRO INTERNO (mm)	45.71	48.23	46.13	48.63	47.18			
ALTURA (mm)	77.59	77.61	77.95	78.39	77.89			
PESO (gr)	102.81							
MUESTRA 2	1	2	3	4	PROMEDIO	VOLUMEN (mm3)	VOLUMEN (m3)	PESO ESPECIFICO (kg/m3)
DIÁMETRO EXTERNO (mm)	70.52	69.4	69.5	72.01	70.3575	164927.38	0.0001649	624.03
DIÁMETRO INTERNO (mm)	49	46.28	48.8	46.57	47.6625			
ALTURA (mm)	78.99	78.22	77.75	78.64	78.4			
PESO (gr)	102.92							
MUESTRA 3	1	2	3	4	PROMEDIO	VOLUMEN (mm3)	VOLUMEN (m3)	PESO ESPECIFICO (kg/m3)
DIÁMETRO EXTERNO (mm)	68.56	71.31	67.96	71.9	69.9325	164798.32	0.0001648	614.45
DIÁMETRO INTERNO (mm)	45.92	48.8	45.45	48.82	47.2475			
ALTURA (mm)	78.82	80.12	78.93	77.87	78.935			
PESO (gr)	101.26							
MUESTRA 4	1	2	3	4	PROMEDIO	VOLUMEN (mm3)	VOLUMEN (m3)	PESO ESPECIFICO (kg/m3)
DIÁMETRO EXTERNO (mm)	72.4	72.93	74.9	73.5	73.4325	201203.09	0.0002012	639.2
DIÁMETRO INTERNO (mm)	50.05	49.69	49.7	49.84	49.82			
ALTURA (mm)	87.84	87.77	88.21	88.28	88.025			
PESO (gr)	128.61							

MUESTRA 5	1	2	3	4	PROMEDIO	VOLUMEN (mm3)	VOLUMEN (m3)	PESO ESPECIFICO (kg/m3)
DIÁMETRO EXTERNO (mm)	95.52	96.72	95.33	97.28	96.2125	375331.89	0.0003753	567.79
DIÁMETRO INTERNO (mm)	70.52	71.69	73.33	73.04	72.145			
ALTURA (mm)	117.43	117.23	119.6	117.5	117.94			
PESO (gr)	213.11							
MUESTRA 6	1	2	3	4	PROMEDIO	VOLUMEN (mm3)	VOLUMEN (m3)	PESO ESPECIFICO (kg/m3)
DIÁMETRO EXTERNO (mm)	98.14	97.25	94.7	97.73	96.955	353002.96	0.000353	627.62
DIÁMETRO INTERNO (mm)	70.52	73.5	69.72	71.03	71.1925			
ALTURA (mm)	102.68	105.07	103.75	103.52	103.755			
PESO (gr)	221.55							

Tabla 10: Densidad para muestras sometidas a compresión – Fuente: Tabulación de Resultados

A continuación, se realizará una tabla comparativa con los valores obtenidos y los valores admisibles

VALORES ADMISIBLES vs VALORES OBTENIDOS DE DENSIDAD			
MUESTRA	DENSIDAD ADMISIBLE (kg/m3)	DENSIDAD OBTENIDA (kg/m3)	COMENTARIO
1	500 Kg/m3 - 800 kg/m3	607.72	Dentro del Rango
2		624.03	Dentro del Rango
3		614.44	Dentro del Rango
4		639.2	Dentro del Rango
5		567.79	Dentro del Rango
6		627.62	Dentro del Rango

Tabla 11: Comparación entre valores de densidad obtenidos y Valores admisibles – Fuente: Tabulación de Resultados

3.4.3.1 DENSIDAD DE MUESTRAS PARA ENSAYOS A FLEXIÓN

MUESTRA 1	1	2	3	4	PROMEDIO	VOLUMEN (mm3)	VOLUME N (m3)	PESO ESPECIFICO (kg/m3)
DIÁMETRO EXTERNO (mm)	101.83	99.12	98.95	100.78	100.17	9899027.39	0.009899	519.24
DIÁMETRO INTERNO (mm)	73.28	78.66	76.15	77.45	76.39			
ALTURA (mm)	3000	3003.78	3001.5	3000.17	3001.36			
PESO (gr)	5140							
MUESTRA 2	1	2	3	4	PROMEDIO	VOLUMEN (mm3)	VOLUME N (m3)	PESO ESPECIFICO (kg/m3)
DIÁMETRO EXTERNO (mm)	96.73	98.01	98.58	97.98	97.83	11649124.59	0.0116491	513.34
DIÁMETRO INTERNO (mm)	70.42	66.85	66.68	68.1	68.01			
ALTURA (mm)	3000	3000	3000	3000	3000			
PESO (gr)	5980							
MUESTRA 3	1	2	3	4	PROMEDIO	VOLUMEN (mm3)	VOLUME N (m3)	PESO ESPECIFICO (kg/m3)
DIÁMETRO EXTERNO (mm)	100.62	102.11	105.45	101.99	102.54	10439632.41	0.0104396	518.03
DIÁMETRO INTERNO (mm)	79.06	77.55	77.77	77.7	78.02			
ALTURA (mm)	3000	3005.87	3001.89	3000	3001.94			
PESO (gr)	5408							

Tabla 12: Densidad para muestras sometidas a flexión

De igual forma, a continuación, se realizará una tabla comparativa con los valores obtenidos y los valores admisibles de densidad.

VALORES ADMISIBLES vs VALORES OBTENIDOS DE DENSIDAD			
MUESTRA	DENSIDAD ADMISIBLE (kg/m ³)	DENSIDAD OBTENIDA (kg/m ³)	COMENTARIO
1	500 Kg/m ³ - 800 kg/m ³	519.24	Dentro del Rango
2		513.34	Dentro del Rango
3		518.03	Dentro del Rango

Tabla 13: Comparación entre valores de densidad obtenidos y Valores admisibles – Fuente: Tabulación de resultados

3.4.4. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Al ensayar especímenes de madera o sobre bambú, obtenemos una fuerza ultima de falla, un tipo de falla y con los datos de medición podremos calcular el resultado de un esfuerzo de compresión y un módulo de elasticidad representado por (E).

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Ecuación 6: Esfuerzo de compresión – Fuente: INEN 2 MTE

Donde:

σ =Esfuerzo de compresión (MPa)

P= Fuerza de falla (N o KG)

A= Área de la sección (m²)

De la misma manera se expresa a continuación la ecuación que permite encontrar el valor del área de la sección

$$A = \frac{\pi}{4} * (D^2 - d^2)$$

Ecuación 7: Área de un cilindro hueco – Fuente: Propiedades de las secciones, OVIE

Donde:

A= Área de la sección (m²)

D= diámetro externo de la sección (m)

d= diámetro interno (m)

MUESTRA 1	1	2	3	4	PROMEDIO	ÁREA (mm2)	ÁREA (m2)	FUERZA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (Mpa)
DIÁMETRO EXTERNO (mm)	69.92	69.17	71.03	72.47	70.65	2172.09	0.0021721	8116.13	36.64
DIÁMETRO INTERNO (mm)	45.71	48.23	46.13	48.63	47.18				
ALTURA (mm)	77.59	77.61	77.95	78.39	77.89				
PESO (gr)	102.81								
TIPO DE FALLA	Aplastamiento								

MUESTRA 2	1	2	3	4	PROMEDIO	ÁREA (mm2)	ÁREA (m2)	FUERZA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (Mpa)
DIÁMETRO EXTERNO (mm)	70.52	69.4	69.5	72.01	70.3575	2103.67	0.0021037	7755.33	36.15
DIÁMETRO INTERNO (mm)	49	46.28	48.8	46.57	47.6625				
ALTURA (mm)	78.99	78.22	77.75	78.64	78.4				
PESO (gr)	102.92								
TIPO DE FALLA	Aplastamiento								
MUESTRA 3	1	2	3	4	PROMEDIO	ÁREA (mm2)	ÁREA (m2)	FUERZA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (Mpa)
DIÁMETRO EXTERNO (mm)	68.56	71.31	67.96	71.9	69.9325	2087.77	0.0020878	6544.89	30.74
DIÁMETRO INTERNO (mm)	45.92	48.8	45.45	48.82	47.2475				
ALTURA (mm)	78.82	80.12	78.93	77.87	78.935				
PESO (gr)	101.26								
TIPO DE FALLA	Aplastamiento								
MUESTRA 4	1	2	3	4	PROMEDIO	ÁREA (mm2)	ÁREA (m2)	FUERZA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (Mpa)
DIÁMETRO EXTERNO (mm)	72.4	72.93	74.9	73.5	73.4325	2285.75	0.0022857	8892.79	38.15
DIÁMETRO INTERNO (mm)	50.05	49.69	49.7	49.84	49.82				
ALTURA (mm)	87.84	87.77	88.21	88.28	88.025				
PESO (gr)	128.61								
TIPO DE FALLA	Aplastamiento								
MUESTRA 5	1	2	3	4	PROMEDIO	ÁREA (mm2)	ÁREA (m2)	FUERZA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (Mpa)
DIÁMETRO EXTERNO (mm)	95.52	96.72	95.33	97.28	96.2125	3182.4	0.0031824	9298.1	28.65
DIÁMETRO INTERNO (mm)	70.52	71.69	73.33	73.04	72.145				
ALTURA (mm)	117.43	117.2	119.6	117.5	117.94				
PESO (gr)	213.11								
TIPO DE FALLA	Aplastamiento								

MUESTRA 6	1	2	3	4	PROMEDIO	ÁREA (mm2)	ÁREA (m2)	FUERZA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (Mpa)
DIÁMETRO EXTERNO (mm)	98.14	97.25	94.7	97.73	96.955	3402.27	0.0034023	13240.14	38.16
DIÁMETRO INTERNO (mm)	70.52	73.5	69.72	71.03	71.1925				
ALTURA (mm)	102.68	105.1	103.8	103.5	103.755				
PESO (gr)	221.55								
TIPO DE FALLA	Aplastamiento								

Tabla 14: Resistencias a Compresión – Fuente: Tabulación de resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para el módulo de elasticidad de las diferentes probetas, se puede explicar la variación en los resultados de las mismas ya que existe rangos de error desde la realización del ensayo hasta el momento de tabulación y operación de resultados, así como de factores ambientales ya expuestos anteriormente en esta sección. En el (ANEXO 1) se muestra el cálculo manual de los módulos mediante, la pendiente de la recta en la curva esfuerzo-deformación.

Para lo cual se utilizó el siguiente procedimiento:

$$E = Tg \theta$$

Ecuación 8: Modulo de Elasticidad – Fuente: Propiedades Mecánicas, UNIOVI, Pág. 10

Donde:

E= Modulo de Elasticidad del material (MPa)

Tg θ = Pendiente del ángulo en el rango elástico de la curva Esfuerzo-Deformación

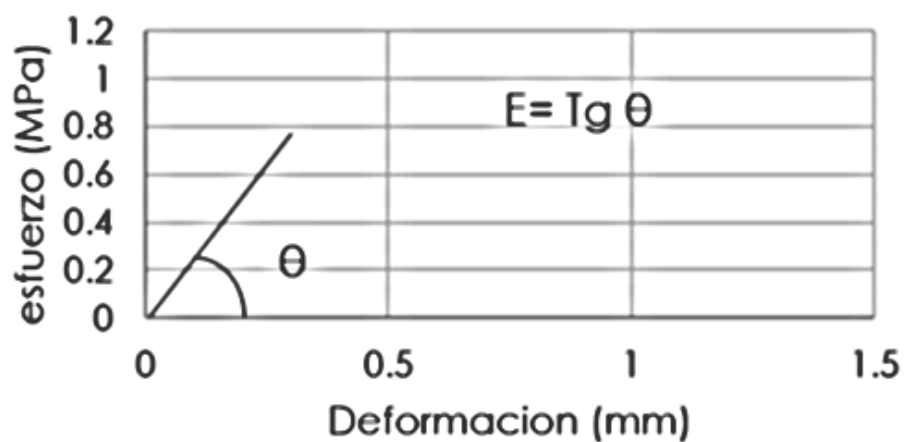


Ilustración 14: Módulo de Elasticidad para Curva Esfuerzo-Deformación – Fuente: UNIOVI

Los resultados para las seis muestras son:

MUESTRA	Módulo de Elasticidad - E (MPa)
1	24496.50
2	13297.75
3	11897.00
4	9739.55
5	16356.00
6	19908.00

Tabla 15: Módulos de Elasticidad para ensayo a Compresión – Fuente: Tabulación de Resultados

El acortamiento vertical o deformación unitaria representado por la ecuación:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$$

Ecuación 9: Deformación Unitaria – Fuente: INEN 2 MTE

Donde:

ε =Deformación Unitaria, Adimensional

σ =Esfuerzo a compresión del material (MPa)

E= Modulo de elasticidad del material (MPa)

Los Valores se encuentran tabulados a continuación

DEFORMACIÓN UNITARIA - ENSAYO A COMPRESIÓN			
MUESTRA	Módulo de Elasticidad - E (MPa)	Esfuerzo a la Compresión (Mpa)	Deformación Unitaria
1	24496.50	36.64	0.00150
2	13297.75	36.15	0.00272
3	11897.00	30.74	0.00258
4	9739.55	38.15	0.00392
5	16356.00	28.65	0.00175
6	19908.00	38.16	0.00192

Tabla 16: Deformaciones Unitarias para ensayo a compresión – Fuente: Tabulación de Resultados

Registradas las medidas previas al ensayo, así como las medidas de los especímenes después del ensayo, procedemos a calcular el coeficiente de Poisson, que muestra la relación por cociente entre el acortamiento vertical y el ensanchamiento horizontal, la gran parte de materiales poseen valores para dicho coeficiente comprendido entre 0.25 y 0.35

A continuación, se mostrarán los resultados obtenidos.

MUESTRA	COEFICIENTE DE POISSON	COEFICIENTE DE POISSON PROMEDIO PARA ENSAYO A COMPRESIÓN
1	0.35	0.35
2	0.39	
3	0.38	
4	0.37	
5	0.34	
6	0.28	

Tabla 17: Coeficientes de Poisson para ensayo a compresión – Fuente: Tabulación de Resultados

3.4.5. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

Para el ensayo de resistencia a la Flexión, como ya se había mencionado se ensayaron 3 especímenes, cañas enteras de aproximadamente 3 metros de longitud, como indica la norma INEN 2- MTE, “MANUAL DE LABORATORIO SOBRE MÉTODOS DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL BAMBÚ”, la misma que presenta una ecuación para el cálculo de la luz libre del espécimen, para así evitar la falla producida por fuerzas transversales, La ecuación esta normada gracias al trabajo de investigación publicado por Vaessen y Janssen, dicho procedimiento se muestra a continuación:

$$L = \frac{(1.76 * \epsilon_{ult} * E_R * R)}{\sigma_{ult}}$$

Ecuación 10: Luz libre para especímenes de ensayos a flexión – Fuente: INEN 2- MTE

Donde:

L = Luz libre (mm)

ϵ_{ult} = Deformación unitaria final

E = módulo de elasticidad

R = el radio exterior (mm)

σ_{ult} = Esfuerzo último.

Cuando los parámetros expuestos anteriormente en la Ecuación 10, no son conocidos, se deben usar los valores señalados a continuación:

$$\varepsilon_{ult} = 0,0032$$

$E = 1,5$ veces el valor de E obtenido en el ensayo a compresión, es decir $16\,000\text{ N/mm}^2$,

$$\sigma_{ult} = 2,6\text{ N/mm}^2,$$

Concluyendo esta relación, se obtiene que la fórmula que estima la longitud mínima para la realización del ensayo está dada por:

$$L = 30 \cdot D$$

Ecuación 11: Estimación de la luz libre para ensayos a flexión – Fuente: INEN 2, MTE

A continuación, se muestran los valores para luz libre que se deberían haber tomado, para fines prácticos se muestran también los valores reales optados

MUESTRA 1	1	2	3	4	PROMEDIO	ÁREA (mm2)	ÁREA (m2)	LUZ LIBRE (mm)
DIÁMETRO EXTERNO (mm)	101.83	99.12	98.95	100.78	100.17	3298.18	0.0032982	3005
DIÁMETRO INTERNO (mm)	73.28	78.66	76.15	77.45	76.39			
ALTURA (mm)	3000.00	3003.78	3001.50	3000.17	3001.36			
PESO (gr)	5140.00							
MUESTRA 2	1.00	2.00	3.00	4.00	PROMEDIO	ÁREA (mm2)	ÁREA (m2)	LUZ LIBRE (mm)
DIÁMETRO EXTERNO (mm)	96.73	98.01	98.58	97.98	97.83	3883.04	0.0038830	2935
DIÁMETRO INTERNO (mm)	70.42	66.85	66.68	68.10	68.01			
ALTURA (mm)	3000.00	3000.00	3000.00	3000.00	3000.00			
PESO (gr)	5980.00							
MUESTRA 3	1.00	2.00	3.00	4.00	PROMEDIO	ÁREA (mm2)	ÁREA (m2)	LUZ LIBRE (mm)
DIÁMETRO EXTERNO (mm)	100.62	102.11	105.45	101.99	102.54	3477.63	0.0034776	3076
DIÁMETRO INTERNO (mm)	79.06	77.55	77.77	77.70	78.02			
ALTURA (mm)	3000.00	3005.87	3001.89	3000.00	3001.94			
PESO (gr)	5408.00							

Tabla 18: Luz libre para ensayos a flexión – Fuente: Tabulación de resultados

Los datos a registrar durante el ensayo son: módulo de elasticidad, fuerza ultima y dimensiones tomadas previamente.

Para poder determinar el valor de la resistencia a flexión de los tres especímenes, utilizaremos la ecuación 11, mostrada a continuación:

$$M_{Ulti} = 0.5 \cdot F_{Ult} \cdot 1200 \text{ mm}$$

Ecuación 12: Momento ultimo de flexión – Fuente: Norma INEN 2, MTE, Pág. 17

Donde:

M_{Ulti} = Momento ultimo de flexión (Nmm)

F_{Ult} = Fuerza ultima de flexión (N)

Se muestran los resultados obtenidos:

MUESTRA 1	FUERZA ULTIMA (kN)	MOMENTO ULTIMO A FLEXIÓN (N*mm)
	15300	2754000
MUESTRA 2	FUERZA ULTIMA (kN)	MOMENTO ULTIMO A FLEXIÓN (N*mm)
	18910	3403800
MUESTRA 3	FUERZA ULTIMA (kN)	MOMENTO ULTIMO A FLEXIÓN (N*mm)
	16590	2986200

Tabla 19: Momento ultimo a Flexión – Fuente: Tabulación de resultados

Posteriormente

$$\sigma = \frac{M \cdot r}{I}$$

Ecuación 13: Resistencia a flexión – Fuente: INEN 2 MTE, Pág. 17

Donde:

$$\sigma = \text{Esfuerzo ultimo a flexión} \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)$$

M= momento ultimo de flexión (N*mm)

I= Momento de Inercia (mm⁴)

Para determinar el momento de inercia solicitado, se utilizará la ecuación 1, citada anteriormente, arrojando los siguientes resultados:

MUESTRA 1	PROMEDIO	FUERZA ULTIMA (kN)	MOMENTO ULTIMO A FLEXIÓN (N*mm)	MOMENTO DE INERCIA (mm ⁴)	ESFUERZO ULTIMO A FLEXIÓN (N/mm ²)
DIÁMETRO EXTERNO (mm)	100.17	15300.00	2754000	3331919.13	41.40
DIÁMETRO INTERNO (mm)	76.39				
ALTURA (mm)	3001.36				
PESO (gr)	5140.00				
MUESTRA 2	PROMEDIO	FUERZA ULTIMA (kN)	MOMENTO ULTIMO A FLEXIÓN (N*mm)	MOMENTO DE INERCIA (mm ⁴)	ESFUERZO ULTIMO A FLEXIÓN (N/mm ²)
DIÁMETRO EXTERNO (mm)	97.83	18910.00	3403800	3509132.11	47.44
DIÁMETRO INTERNO (mm)	68.01				
ALTURA (mm)	3000.00				
PESO (gr)	5980.00				
MUESTRA 3	PROMEDIO	FUERZA ULTIMA (kN)	MOMENTO ULTIMO A FLEXIÓN (N*mm)	MOMENTO DE INERCIA (mm ⁴)	ESFUERZO ULTIMO A FLEXIÓN (N/mm ²)
DIÁMETRO EXTERNO (mm)	102.54	16590.00	2986200	3675571.98	41.66
DIÁMETRO INTERNO (mm)	78.02				
ALTURA (mm)	3001.94				
PESO (gr)	5408.00				

Tabla 20: Esfuerzo ultimo a flexión – Fuente: Tabulación de datos

Finalmente, una vez obtenido los resultados anteriores podemos calcular el módulo de elasticidad de la caña guadúa a flexión, utilizando la ecuación 14, basada en la norma INEN 2- MTE, “MANUAL DE LABORATORIO SOBRE MÉTODOS DE

ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL BAMBÚ

$$E = \frac{0.25 * F * L^3}{28.17 * \delta * I}$$

Ecuación 14: Modulo de elasticidad para ensayos a Flexión – Fuente: INEN 2, MTE

Donde:

E= Modulo de elasticidad del material (N/mm²)

F= Fuerza ultima aplicada (N)

δ= Deformación (mm)

I= Momento de inercia (mm⁴)

Los resultados obtenidos para módulos de elasticidad en ensayos de probetas sometidas a flexión son los mostrados en la TABLA 21, encontrándose dentro del rango impuesto por la norma INEN 2- MTE, “MANUAL DE LABORATORIO SOBRE MÉTODOS DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL BAMBÚ”, donde estipula que para que los valores de módulos de elasticidad en ensayos a flexión sean válidos, dichos valores deben oscilar entre 500 y 25000 N/mm²

MUESTRA 1	LUZ LIBRE (mm)	FUERZA ULTIMA (kN)	MOMENTO DE INERCIA (mm ⁴)	MODULO DE ELASTICIDAD A FLEXIÓN (N/mm ²)
	3005	15300	3331919.13	12288.09
MUESTRA 2	LUZ LIBRE (mm)	FUERZA ULTIMA (kN)	MOMENTO DE INERCIA (mm ⁴)	MODULO DE ELASTICIDAD A FLEXIÓN (N/mm ²)
	2935	18910	3509132.11	13431.23
MUESTRA 3	LUZ LIBRE (mm)	FUERZA ULTIMA (kN)	MOMENTO DE INERCIA (mm ⁴)	MODULO DE ELASTICIDAD A FLEXIÓN (N/mm ²)
	3076	16590	3675571.98	12957.09

Tabla 21: Módulos de elasticidad para ensayos a flexión – Fuente: Tabulación de resultados

3.5 RESULTADOS DE ENSAYOS

Finalmente se elaboró una tabla resultante, en la que se compran los valores obtenidos con los valores característicos y los admisibles, para así poder utilizar dichos resultados en el desarrollo de este trabajo, en caso de ser los valores menores a los admisibles, se toma como tal el valor admisible.

3.5.1 RESULTADOS ENSAYO A COMPRESIÓN

MUESTRA	Esfuerzo a la Compresión Característico (Mpa)	Esfuerzo a la Compresión Admisible (Mpa)	Esfuerzo a la Compresión Obtenido (Mpa)
1	20	14.00	36.64
2			36.15
3			30.74
4			38.15
5			28.65
6			38.16

Tabla 22: Comparación de resultados obtenidos frente a resultados característicos y admisibles para compresión
– Fuente: : “The Structural Engineer, Ing. Sebastián Kaminski

3.5.2 RESULTADOS ENSAYO A FLEXIÓN

MUESTRA	Esfuerzo a la Flexión Característico (Mpa)	Esfuerzo a la Flexión Admisible (Mpa)	Esfuerzo a la Flexión Obtenido (Mpa)
1	35-50	15.00	41.4
2			47.44
3			41.66

Tabla 23: Comparación de resultados obtenidos frente a resultados característicos y admisibles para flexión
Fuente: : “The Structural Engineer, Ing. Sebastián Kaminski

CAPÍTULO IV

CONEXIONES EN ESTRUCTURAS DE CAÑA GUADÚA

4.1 INTRODUCCIÓN

Las estructuras están compuestas por diversos elementos que se encuentran dispuestos de diversas formas según el requerimiento para el que fueron construidas. Una parte fundamental del diseño es como se unen, es decir las conexiones con las cuales se garantiza el correcto funcionamiento y transmisión de fuerzas a lo largo de las distintas líneas de carga presentes. En las edificaciones de caña guadúa el proceso de sujeción entre los elementos de la estructura es complicado porque los culmos de GaK son huecos, de conicidad variada, con nodos a distancia irregular y sobretodo la falta de regularidad en el diámetro de cualquier sección.

Para empezar con el diseño de conexiones el técnico deberá tener en cuenta todas estas limitantes al momento de diseñar las juntas. Existe diversa información para realizar una conexión, el diseñador puede consultar varias fuentes como lo son las tradiciones constructivas en este material, prácticas locales e incluso existe limitada

información brindada en publicaciones científicas. Sin embargo, estas fuentes no cuentan con la información suficiente para confiar en ellas.

Las juntas tradicionales sufren una reducción en su resistencia o deformaciones excesivas, es decir en general las juntas tradicionales no cumplen con los parámetros necesarios para conexiones sismo-resistentes. En cuanto a las publicaciones, pese a que son abundantes la información redundante y proporciona datos poco específicos, no existen publicaciones que ofrezcan descripciones detalladas de la resistencia y deformaciones de al menos un número de aceptable de conexiones tipo.

4.2 CLASIFICACIÓN DE LAS CONEXIONES

Si bien no existe una clasificación estandarizada, es necesaria ya que de otro modo no se puede tener un orden específico para identificarlas según sus características y composición, tal como lo detalla Jassen (2000) en su publicación “Diseñando y Construyendo con Bambú” en colaboración con la Universidad Técnica de Holanda, para clasificar las conexiones son necesarios los siguientes principios:

- Una unión se puede realizar entre dos culmos, esta se puede dar por el contacto completo entre las secciones transversales de los mismos o a través de la transferencia de esfuerzos de una sección transversal a un elemento que servirá como unión.
- La transferencia de esfuerzos puede ocurrir desde afuera, adentro o desde sección transversal en análisis.
- La conexión puede disponerse tanto perpendicular o paralela a las fibras de los culmos que transfieren las cargas.

Estos criterios servirán para dividir a las conexiones en 8 grupos, los cuales a su vez se sub-dividirán en varios subtipos de conexiones como se determina a continuación:

4.2.1 CONEXIONES TIPO 1: SECCIÓN TRANSVERSAL COMPLETA.

Son todas aquellas conexiones que usan la sección transversal completa para transferir los esfuerzos recibidos. Son las conexiones de uso común en la construcción, estas conexiones utilizan amarres para mantener en la posición necesaria a los culmos.

4.2.1.1 CONEXIÓN 1.1

Esta conexión es teórica ya que demuestra plenamente la completa unión entre dos secciones transversales. Es útil para compresión, pero inservible para tensión, además necesitaría un goma o pegamento muy resistente para estabilizar los elementos y que puedan absorber esfuerzos de corte.

4.2.1.2 CONEXIÓN 1.2

Es una unión donde una diagonal superior se ajusta completamente al larguero horizontal inferior, para lo cual es requerida una mano de obra con experiencia. En esta unión el elemento de sujeción principal es el pegamento que uno los dos miembros, sin embargo, la capa lisa de la caña guadúa podría evitar esta un acople adecuado. Estas conexiones solamente serán efectivas si se las solicita a compresión y corte.

4.2.1.3 CONEXIÓN 1.3

Esta conexión resuelve el problema de 1.2, la adherencia ya no es un problema porque la unión se realiza con un elemento que atraviese a los dos culmos.

4.2.1.4 CONEXIÓN 1.4

Al igual que 1.3 esta conexión soluciona el problema de 1.2, pero en lugar de usar un elemento que atravesase a los culmos, utiliza amarres para unirlos. Se puede usar diversos materiales, pero en general la caña partida es una buena opción, sobre todo si está verde ya que a medida que madure la fibra se contraerá más, sin embargo, hay que tener cuidado que esta fibra no sea atacada por los agentes bióticos antes mencionados. Otra opción sería el alambre de acero galvanizado, aunque su ajuste es bueno el tiempo y la humedad hacen que se corroa. Estas conexiones al ser desplazadas pueden resistir solo esfuerzos de corte, con el tiempo tienden a desajustarse, deformarse de manera exagerada y a perder resistencia.

4.2.1.5 CONEXIÓN 1.5

Es una conexión típicamente vista en cerchas para techo. Un miembro vertical sometido a compresión es amarrado a un miembro vertical para transmitirle este esfuerzo, mientras que a su vez sirve como elemento que impide el movimiento de la diagonal que está sometida a esfuerzos de tensión. La limitante de esta junta se encuentra en el material usado para realizar el amarre.

4.2.1.6 CONEXIÓN 1.6

La parte de la diagonal que se encuentra implicada en la conexión se rellena con mortero, es indispensable tomar las medidas pertinentes para que el contenido de agua de mortero no humedezca he hinche el culmo inferior, provocando su agrietamiento y disminución de resistencia.

4.2.1.7 CONEXIÓN 1.7

Este miembro no es común en Latinoamérica, su uso se limita a las zonas asiáticas. Para realizar esta conexión es necesario generar una prolongación del miembro vertical, de tal forma que permita que enlazar el culmo dispuesto de forma horizontal y amarrarlo.

4.2.1.8 CONEXIÓN 1.8

La conexión en la figura es muy similar a conexiones usadas en el campo del diseño estructural de la madera, a este tipo de junta se la conoce como conexión dental por su inserción y forma. En la caña guadúa es muy poco usada por su desprolijidad, estética y falta de resistencia.

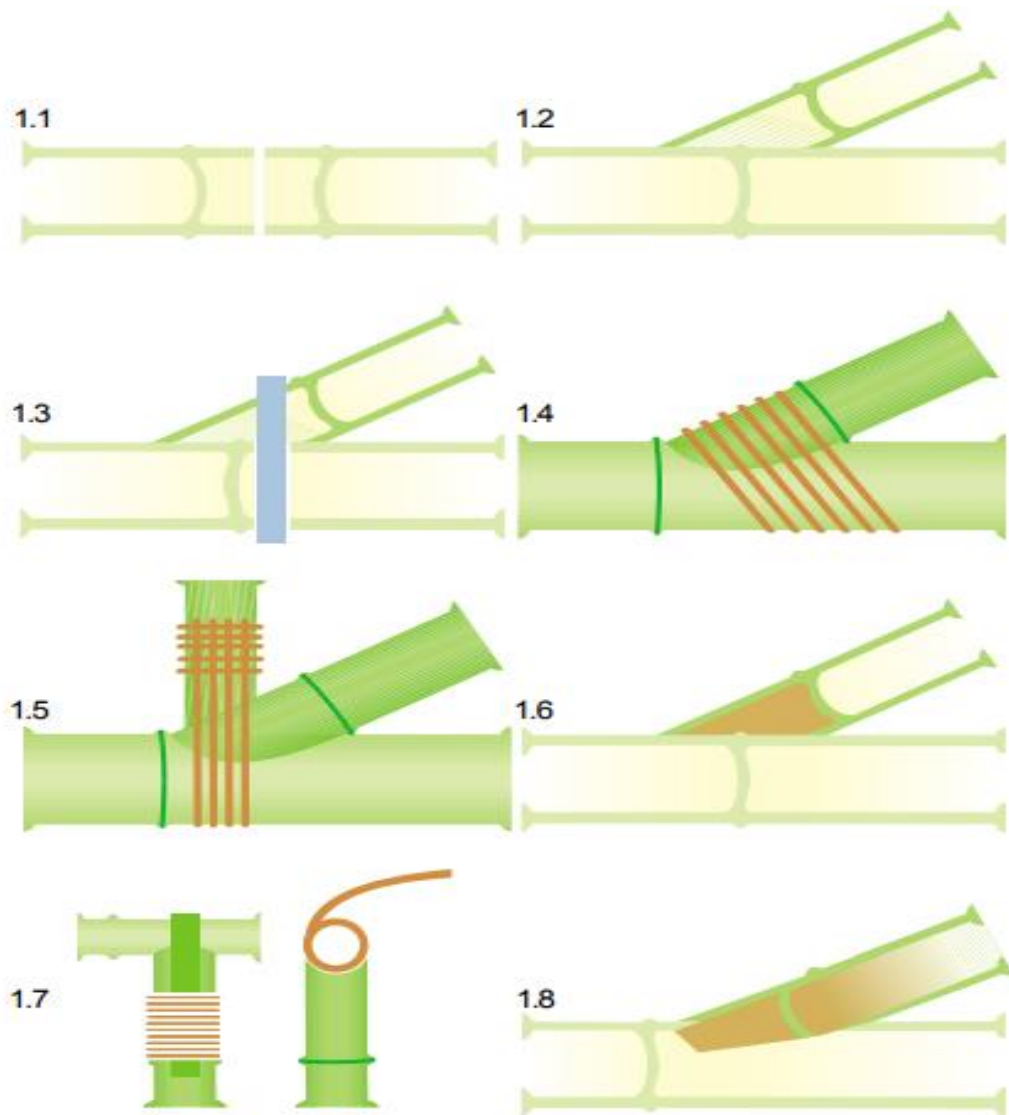


Ilustración 15: Subtipos de conexiones tipo 1. Fuente: Jansen, 2000

4.2.2 CONEXIÓN TIPO 2

Estas uniones se caracterizan por juntar dos elementos paralelos desde el interior, anteriormente se realizaba esta junta con madero sellada con pegamento. Hoy en día se mejoró la técnica introduciendo mortero al interior de los culmos y reforzándolo con acero corrugado. Su subdivisión es la siguiente:

4.2.2.1 CONEXIÓN 2.1

Esta conexión indica claramente como a través de la adhesión muestra se transfieren las cargas desde el borde interior del culmo izquierdo hacia el borde interior del culmo derecho.

4.2.2.2 CONEXIÓN 2.2

Para este subtipo se necesita una forma de tapón de madera, ajustado a la caña por medio de un aro de metal o aluminio, donde las cargas se transmitirán a través de un de un perno de acero conectado al madero cónico. La fuerza que soporta este tipo de conexión según ensayos de laboratorio realizados por Jansen en esta publicación es de 27 kN para un diámetro de 60 mm aproximadamente.

4.2.2.3 CONEXIÓN 2.3

Es una conexión usada para cerchas de longitud aceptable (hasta 15m). En esta junta se rompe los dos últimos diafragmas de los culmos que comprenden la conexión. Luego de esto se vierte lechada a través de las paredes de los culmos realizando un agujero y se introducen varillas de acero de diámetros superiores a 10mm corrugadas, para unir los dos miembros. Los nodos con más de dos

elementos de sujeción se diseñan de igual forma, pero se coloca pernos para unirlos. Esta conexión se comporta de manera adecuada y posee una resistencia similar al de la caña.

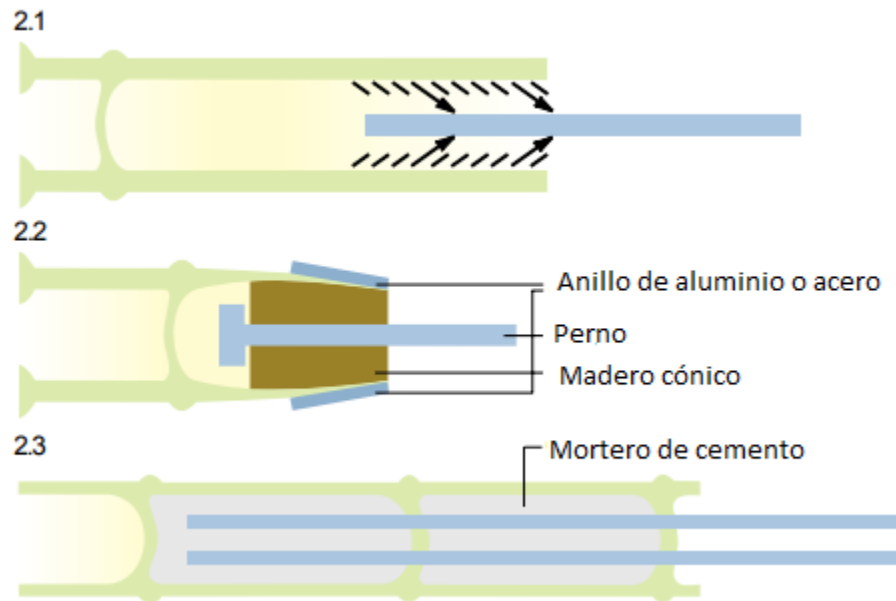


Ilustración 16: Subtipos de conexiones tipo 2.. Fuente: Jansen, 2000

4.2.3 CONEXIONES TIPO 3

Juntas desde la sección transversal hasta el elemento paralelo.

Son uniones realizadas a base de pernos de acero o de madera colocados paralelamente al eje de la GaK. Estos pasadores se fijan mediante pasadores del

mismo material dispuesto de forma perpendicular al eje de los culmos. La subdivisión de este grupo es la siguiente:

4.2.3.1 CONEXIONES 3.1

Es una conexión teórica que transfiere “de manera desconocida” los esfuerzos desde la sección transversal al perno situado de forma paralela al culmo.

4.2.3.2 CONEXIONES 3.2

Es la conexión 3.1 llevada a la realidad a través de un esquema, donde la transferencia de esfuerzos ya no es desconocida sino más bien se realiza por medio de un disco (A) adherido a través de pegamento (B) y un perno perforado en el disco, estos pueden ser de materiales diversos según su finalidad. Pero no es aplicable a la realidad ya que no se ha encontrado un pegamento ideal para esta situación.

4.2.3.3 CONEXIÓN 3.3

Una solución realista a estos dos primeros esquemas, es el uso un perno paralelo al eje (B) de la guadúa, mientras otro perno perpendicular (A) lo sujeta. Se pueden

utilizar varios materiales como acero, plástico o caña, sin embargo, el plástico y el acero que se necesitan para este propósito son difíciles de encontrar y adquirir.

4.2.3.4 CONEXIÓN 3.4

Si bien es descrita en libros y algunas veces ha sido utilizada en la construcción. No es recomendable utilizarla ya que es débil en tensión vertical, por el esfuerzo cortante generado.

4.2.3.5 CONEXIÓN 3.5

Para la creación de esta conexión dos elementos de sujeción de caña guadúa se conectan el elemento superior como al inferior, y soportan las cargas horizontales. En los esfuerzos verticales se utiliza una cuerda que se amarra a un elemento horizontalmente dispuesto que atraviesa de manera perpendicular al elemento vertical.

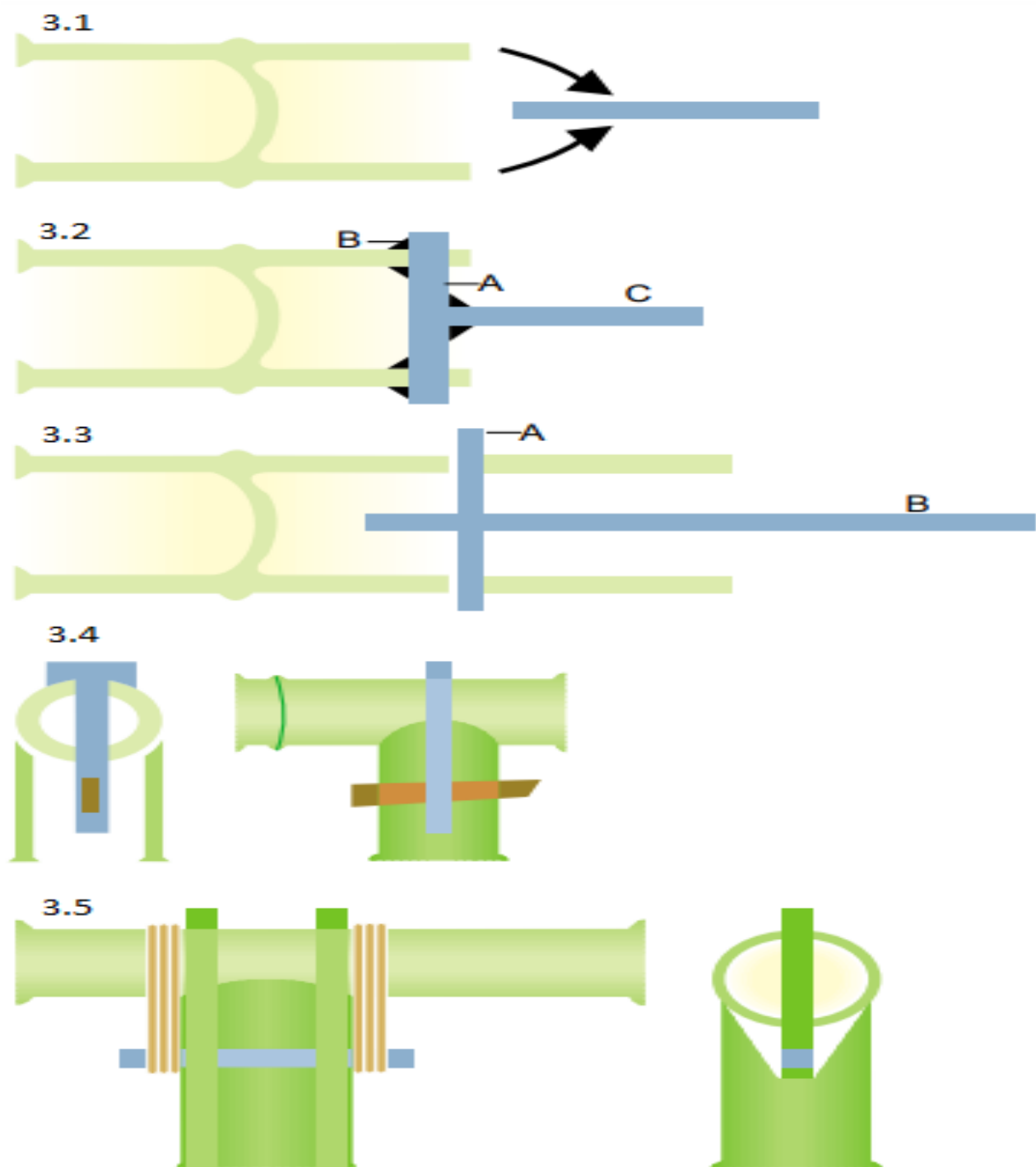


Ilustración 17: Subtipos de conexiones tipo 3. Fuente: Jansen, 2000

4.2.4 CONEXIONES TIPO 4

Conexiones desde la sección transversal a un elemento perpendicular al culmo.

Son conexiones que basan su comportamiento en el uso de pernos de madera o de acero. Además, utilizan piezas planas de madera contrachapada o caña que se pegan en ranuras previamente cortadas en el culmo. A continuación, se profundiza en la subdivisión de este grupo:

4.2.4.1 CONEXIÓN 4.1

Es una figura ilustrativa del principio en el que se basa este grupo, un pasador atraviesa un agujero pre-taladrado en el nodo ya que este tiene un espesor mayor a las paredes intermodales.

4.2.4.2 CONEXIÓN 4.2

Utiliza el principio de pasador para amarrar una cuerda, misma que actúan frente a las fuerzas verticales generadas, cabe recalcar que no puede soportar esfuerzos de corte. Sin embargo, en ocasiones se puede introducir un madero para suplir esta deficiencia, así se podrá usar como una conexión viga columna.

4.2.4.3 CONEXIÓN 4.3

Esta conexión puede usarse en cerchas cuando se requiere unir una caña de diámetro pequeño a una de mayores proporciones para que funcione como correa. Generalmente no se usa, a menos que el diseño muestre que solo existirán fuerzas de tracción que sometan a estos culmos.

4.2.4.4 CONEXIÓN 4.4

Es igual a la conexión 3.5, esta conexión puede absorber esfuerzos de compresión y tensión.

4.2.4.5 CONEXIÓN 4.5

Una conexión que se usa en cerchas donde un pasador es el encargado de conectar, fijar y transmitir esfuerzos de la diagonal al elemento horizontal. En este caso la figura muestra como dos culmos se fijan al culmo diagonal.

4.2.4.6 CONEXIÓN 4.6 – 4.7

Son conexiones hechas con madera contrachapada, que se disponen en el centro o a los lados de la caña guadúa, lo que dota a la conexión de una rigidez y

resistencia muy alta. Una deficiencia de estas conexiones son los espacios vacíos que dejan en los extremos de los culmos, ya que no se ha encontrado una solución satisfactoria para sellarlos. No se usan pernos si no pegamento.

4.2.4.7 CONEXIÓN 4.8

Estas conexiones comunes en Latinoamérica, constan de un madero atornillado al culmo principal, encima del cual reposan las diagonales de caña guadúa.

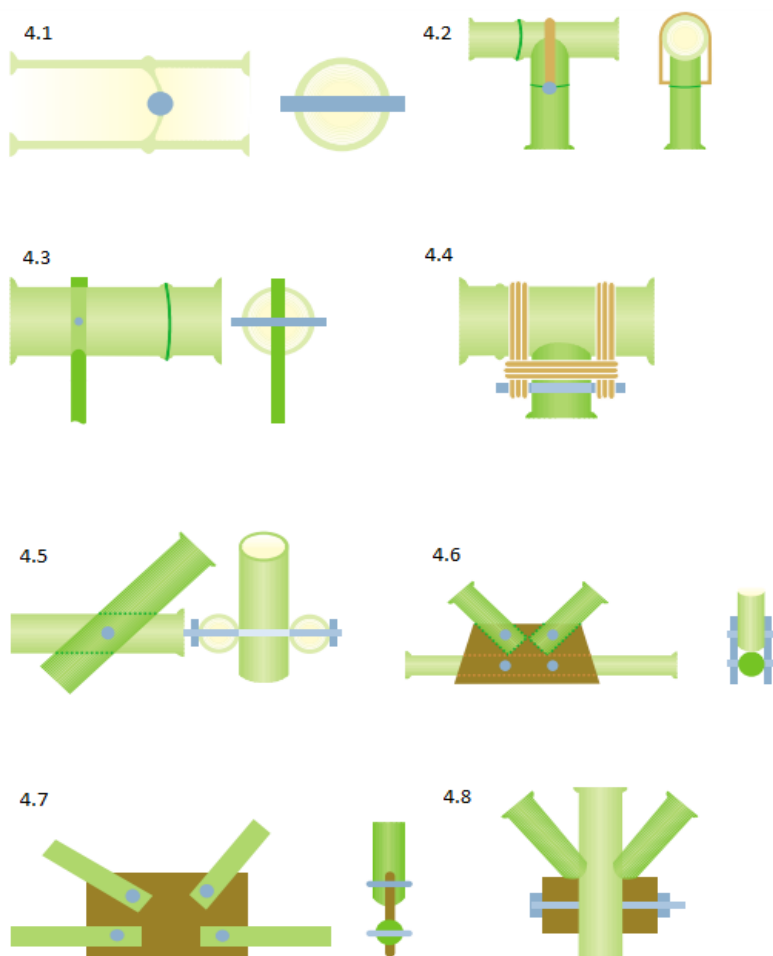


Ilustración 18: Subtipos de conexiones tipo 4. Fuente: Jansen, 2000

4.2.5 CONEXIONES TIPO 5

Conexiones desde el exterior hacia el elemento paralelo.

Tradicionalmente estas juntas se realizan a través de amarres con soga, en el diseño vernáculo mejorado se utiliza el alambre de acero o abrazadera metálicas.

A continuación, se muestra la subdivisión de este grupo en particular:

4.2.5.1 CONEXIÓN 5.1

Esta conexión es una ilustración del principio que utilizan este tipo de juntas, donde al colocarse un elemento exterior del culmo se busca conectarlo al eje interno de la guadúa. Un elemento de sujeción para una satisfactoriamente estas conexiones es difícil de encontrar.

4.2.5.2 CONEXIÓN 5.2

Esta figura es un claro ejemplo de las conexiones tradicionales, donde se usa caña fresca o mojada, para que con el tiempo al secarse se contraigan y puedan sujetarse de una manera muy firme.

4.2.5.3 CONEXIÓN 5.3

Estas conexiones al usar metal son costosas pero en India después de muchos ensayos han probado su fiabilidad y utilidad. Para evitar los altos costos de construcción es adecuado usar alambre galvanizado, pero se debe ser meticuloso en su amarre ya que realizarlo puede ser un proceso muy difícil.

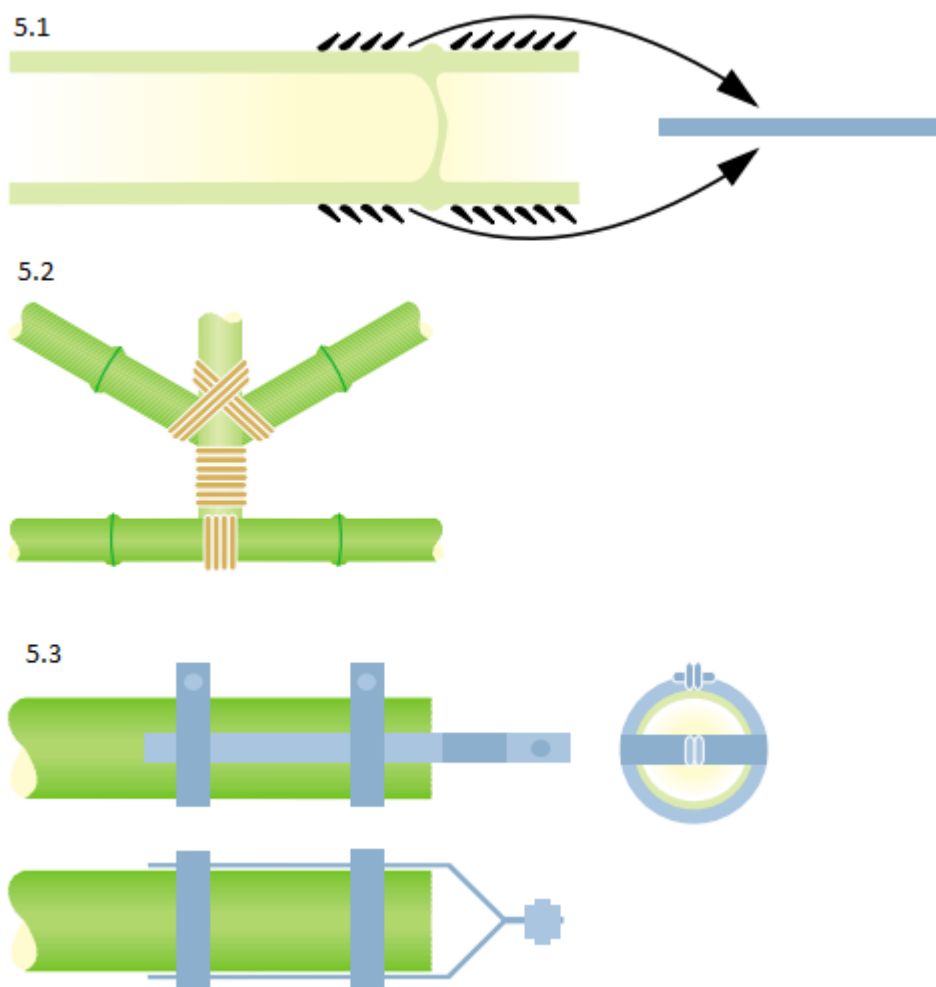


Ilustración 19: Subtipos de conexiones tipo 5. Fuente: Jansen

4.2.6 CONEXIÓN TIPO 6

Conexiones para caña picada

Este tipo de conexiones tiene una gran proyección en cuanto a la construcción de estructuras prefabricadas respecta. Las uniones para caña picada son simples y económicas, ya que se puede utilizar clavos simplemente y además un culmo de GaK con un diámetro estándar puede dividirse en 6 a 8 partes, dado que la caña es abierta se puede retirar el núcleo blando que posee.

Estas características hacen que la caña picada sea perfecta para generar superficies planas y que se eliminen partes débiles de su composición. Sirven de paneles prefabricados para viviendas y también para construir cerchas.



Ilustración 20: Diseño de bambú en las comunidades, Fuente: Kaminski, 2003.





En la figura se puede observar que el marco de la puerta está hecho con caña guadúa y en general toda la casa está realizada a base de este material. Para las juntas se utilizan elementos transversales divisorios, así como el uso de alambres de acero galvanizado. El clavado puede dañar las especies de bambú, sin embargo, utilizar clavos en la guadúa no implica directamente el agrietamiento de la misma, simplemente se lo realiza por precaución.

4.3 CONEXIONES TRADICIONALES DE CAÑA GUADÚA

Estas conexiones tradicionales son todas aquellas juntas, que se realizan en las construcciones básicas de GaK, donde se confía plenamente en los sujetadores mecánicos para transmitir esfuerzos de un culmo o grupo de culmos a otros elementos de la estructura.

Generalmente en la construcción tradicional se utilizan dos tipos de juntas, entre las más comunes están la “boca de pez” y el “pico de flauta”. Pese a que los terminados con estas juntas son muy estéticos, un problema de este tipo de conexiones es que requieren una experiencia extensa para ser elaborados, por este motivo su comportamiento estructural depende mucho de la pericia técnica del personal que lo elaboró.

A continuación, se colocará una tabla donde se podrá ver la capacidad que tienen algunas conexiones según ciertas mejoras planteadas:

Resistencia de algunas conexiones de Caña Guadua			
Geometría de la Conexión: Pasadores transversales, conexión simétrica en el plano, fuerza aplicada en la línea del eje del culmo.			
Conexión	Resistencia (kN)	Esquema	Modo de Falla
Perno de anclaje: $\phi = 12.7\text{mm}$. Nodo en el borde cargado.	10 - 13		Falla de corte o aplastamiento local seguido por falla de corte.
Perno de anclaje: $\phi = 12.7\text{mm}$. Nodo en el borde cargado, entrenodo con mortero.	35		Aplastamiento local y ruptura del difragma.
Perno de anclaje: $\phi = 12.7\text{mm}$ y barras de refuerzo corrugadas: $\phi = 6.35\text{mm}$. Nodo en el borde cargado, entrenodo con mortero.	60		Aplastamiento local seguido de flexión en el perno y fallas de tensión en el mortero.
Geometría de la Conexión: Pasadores transversales, conexión asimétrica en el plano, fuerza aplicada en la línea del eje del culmo.			
Perno de anclaje: $\phi = 12.7\text{mm}$. Nodo en el borde cargado, entrenodo con mortero.	7 - 10		Aplastamiento local de la GaK y el mortero, acompañado de rotación del pasador.

Geometría de la Conexión: Pasador Coaxial, fuerza de tensión en el pasador.			
Perno coaxial: $\varphi = 12.7\text{mm}$ con tuerca y arandela. No hay nodo en el borde cargado.	2		Mortero despegado de la GaK.
Perno coaxial: $\varphi = 12.7\text{mm}$ con tuerca y arandela. No hay nodo en el borde cargado.	10		Falla por corte en el diafragma.

Tabla 24: Estructuras de bambú en Colombia, Fuente: Trujillo, 2007

Es importante decir que esta tabla no debe ser tomada como un punto de partida, para realizar un diseño de conexiones, simplemente son valores de ejemplo de ensayos de laboratorio realizados. Por lo cual cada diseñador si es que desea colocar el valor de resistencia de una conexión directamente en el diseño, deberá sustentarla por medio de ensayo de las conexiones en estudio. Las líneas punteadas indican la falla típica de estas conexiones sometidas a carga.

4.4 FILOSOFÍA DE DISEÑO PARA CONEXIONES

Arce (1993) en su estudio “Fundamentos para diseño de estructuras de bambú” realizado para la Universidad Técnica de Holanda, implementó un diseño de las conexiones de bambú apegado a la filosofía sismo-resistente. Según este autor una conexión bien diseñada debe permitir la continuidad entre elementos, es decir que

los esfuerzos serán transmitidos entre los elementos que la compongan de manera confiable sin que sufra de una deformación excesiva. El diseño será limitado tanto por factores internos como factores externos, los externos son los que el diseñador debe superar a través de la configuración adecuada de la conexión, mientras que los factores internos se ven gobernados por las propiedades del material.

Respecto a las restricciones internas del material al momento de realizar el diseño de conexiones, la falta de isotropía propia de la caña guadúa podría ser una gran limitante. El comportamiento en forma longitudinal del material, dista mucho de la forma en la que se comporta transversalmente. Mientras que la resistencia en la dirección de la sección transversal los culmos es muy débil por las paredes de lignina presente, en la dirección longitud tiene una resistencia elevada porque las fibras de celulosa dotan de rigidez a las paredes del culmo.

Cabe recalcar que la forma de los culmos puede ser una limitante interna importante para diseñar conexiones. Los culmos tienden a tener un diámetro y grosor irregular, y sobre todo su sección es hueca. El lugar más efectivo para realizar conexiones es justo en el nodo que es la parte más resistente de los tallos, pero no siempre se puede lograr que coincidan con las conexiones. En este caso se debe estar atento a que los extremos de los culmos no fallen por aplastamiento local.

Se han mencionado ya las restricciones internas de las conexiones de GaK, por lo que es necesario enunciar las restricciones externas que tienen:

- **Simplicidad:** Generalmente se usa a las estructuras de caña guadúa como viviendas emergentes, donde han ocurrido eventos catastróficos y no se puede tener accesos a maquinaria sofisticada ni técnicos experimentados. Es entonces necesario que las estructuras de guadúa sean lo más simples de construir y que no requiera personal o equipo muy especializados, por lo que se debe evitar en lo posible conexiones muy elaboradas.
- **Estabilidad:** Esta es una limitante muy importante, ya que existen muchas conexiones que son estables en un inicio, pero con el pasar del tiempo sus elementos se ven diezmados en capacidad que directamente afecta a la resistencia de la conexión y en general de la estructura. Es recomendable utilizar conexiones que sean durables para que no se vea afectada la estabilidad.
- **Adaptabilidad:** Debido a los grandes problemas de vivienda que sufre el país y el mundo entero, es necesario que las conexiones, así como en general las estructuras de guadúa sean modulares, lo que directamente implicará menos tiempo de construcción y requerimiento de mano de obra menos especializada.
- **Resistencia fiable y predecible:** No existe información fiable que determine la resistencia de un tipo de conexión en estudio. Es necesario generar un

código de diseño para extrapolar, predecir y estimar la resistencia real de una conexión.

- **Costo:** Pese a requerir de todos los elementos para hacer fiable a una conexión, es necesario que sea económica, por lo que se tendrá minuciosidad al momento de diseñar una conexión, ya que pese a cumplir con todos los parámetros de diseño puede que su costo sea muy elevado.

4.5 RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE CONEXIONES

Si bien no existe un proceso de diseño especificado en un código de guadúa, es importante que al diseñar el técnico realice un proceso minucioso e innovador, para esto se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones dadas por Jansen (1993) y mostradas a continuación:

- Es recomendable analizar y describir de manera detallada los problemas presentados en la estructura.
- Realizar esquemas de las posibles conexiones a utilizar es importante, no se debe tomar una decisión a la ligera. A veces las ideas más extrañas pueden ser efectivas en el diseño.

- Si se ha escogido una buena conexión, se deberá intentar mejorarla y hacerla más eficaz.
- No se deberá desechar ninguna idea, puesto que es posible que la idea inicial adoptada no sea la correcta y se necesite estudiar las propuestas anteriores.
- Si es posible se debe buscar ayuda y tomar en cuenta la opinión de técnicos con más experiencia y pericia en el campo de las conexiones.
- Dado el caso, es probable que se necesite realizar una investigación propia a través de la elaboración de prototipos.
- Es bueno acoger todas estas recomendaciones, realizarlas y tomar una decisión.

4.6 ENSAYOS EXPERIMENTALES EN CONEXIONES

En cuanto a conexiones, la información es escasa, incluso en la normativa internacional no existen guías prácticas para el diseño de conexiones seguras y que sean confiables durante un sismo. Por lo que aún es imposible realizar un diseño

sismo-resistente 100% fiable, necesariamente se deberán realizar muchas más investigaciones respecto a este tema. A continuación, se brindará el procedimiento utilizado para determinar los elementos de una conexión, así como varias conclusiones a las que se pudieron llegar después de haber realizado ensayos experimentales de las conexiones:

4.6.1 SUJETADOR MECÁNICO

Es todo aquel elemento de sujeción, que sirve para transmitir fuerzas al culmo de caña. Los tipos de sujetadores mecánicos más usados en estas estructuras son los clavos, pernos, sunchos de acero o de cuerdas.

Al usar sujetadores como clavos o pernos, es obligatorio el uso de perforadoras, ya que dado el caso de realizarlo manualmente con un martillo en el caso de un clavo o si fuera el caso de un perno, estos pueden ocasionar agrietamiento del entrenudo.

En general es más viable usar sujetadores (sean clavos, pernos o tornillos) que no sean muy largos, ya que mientras más largos eran dichos sujetadores, mayor era el daño por corte sufrido por el culmo de GaK, es decir la hacen más quebradiza.

Es mejor colocar un nodo cerca de una zona de mucha carga en las estructuras, puesto que se ha visto en los ensayos que los sujetadores cercanos inducen mayores esfuerzos de corte en las zonas más cargadas.

Todos estos sujetadores antes mencionados en general producirán en la caña tres tipos de fallas muy comunes: Corte, agrietamiento y aplastamiento local. El aplastamiento local es la única falla que muestra algo de ductilidad, por lo que las fallas por corte y agrietamiento deben ser evitadas.

A continuación, se presenta una tabla, donde se indican los valores de resistencia de diversos pasadores que fueron sometidos a una carga paralela a la fibra:

Tabla 3: Resistencia de pasadores cargados de forma Paralela a la Fibra		
Tipo de Pasador	Carga (KN)	Modo de Falla
Clavos pre-taladrados	2,5	Agrietamiento o aplastamiento local seguido de agrietamiento.
Tornillo $\phi = 6.4\text{mm}$	5	Agrietamiento o aplastamiento local seguido de agrietamiento.
Tornillo $\phi = 9.5\text{mm}$	6	Agrietamiento, corte o aplastamiento local seguido de agrietamiento o corte.
Tornillo $\phi = 12.7\text{mm}$	7	Falla de corte o aplastamiento local seguido por falla de corte.

Tabla 25: Estructuras de bambú en Colombia, Trujillo, 2007 p. 28

4.6.2. MORTERO DE RELLENO

Es necesario tener en cuenta ciertas medidas al momento de llenar el entrenudo con mortero, las más importantes se encuentran citadas a continuación:

- Dentro del entrenudo no deben existir espacios vacíos, ya que esto podría debilitar la conexión y además daría cabida a agentes bióticos en el interior.
- Es indispensable secar el culmo antes de realizar esta acción, debido a que la GaK tiende a secarse tangencialmente y al existir un elemento de trabe como es el mortero, puede originar grietas en el material.
- Trujillo (2007), en su estudio acerca del bambú en Colombia, dice que es elemental tener en cuenta la geometría de la conexión. Por ejemplo, si se tienen dos culmos en un mismo plano y que convergen en un punto, se podría elaborar conexiones tradicionales de carpintería, que pese a ser un trabajo laborioso, proporcionan una solución muy estética y efectiva.

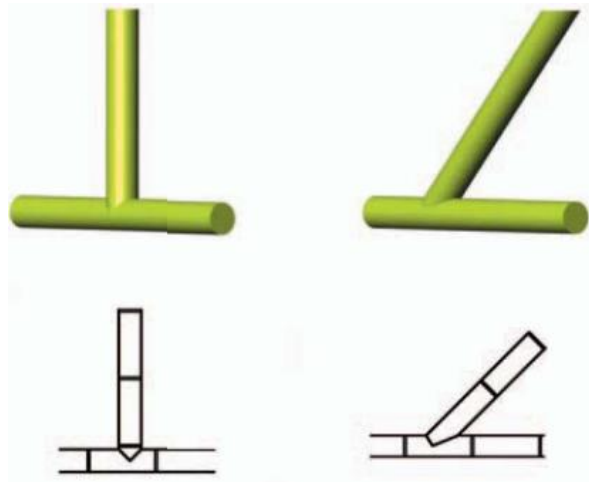


Ilustración 21: Estructuras de bambú en Colombia, Fuente: Trujillo, 2007

- Por otro lado, cuando se tienen culmos en un plano paralelo, se los puede conectar a través de pasadores transversales. Pero esta solución aumenta el peso y volumen de las conexiones, lo cual implica que la magnitud de las deflexiones aumente.

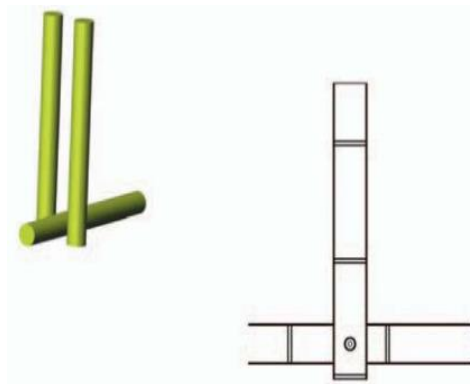


Ilustración 22: Culmos en plano paralelo, Fuente: Trujillo, 2007

Para el desarrollo de este trabajo de investigación, montamos una conexión entre una placa de acero de 2 mm de espesor, 502 mm de largo y 102 mm de ancho, cuyo largo fue doblado a 200 mm y 102 mm con ángulo de 90° respectivamente.

Para transmitir las fuerzas entre la sección de caña rellena de mortero y la placa de acero, se utilizaron pernos roscados de 9 mm de diámetro.

Dentro del entrenudo se colocó mortero de cemento y arena de dosificación 1:3

A continuación, se muestra el resultado final del proceso de montaje de la conexión, así como las dimensiones utilizadas para fines prácticos.

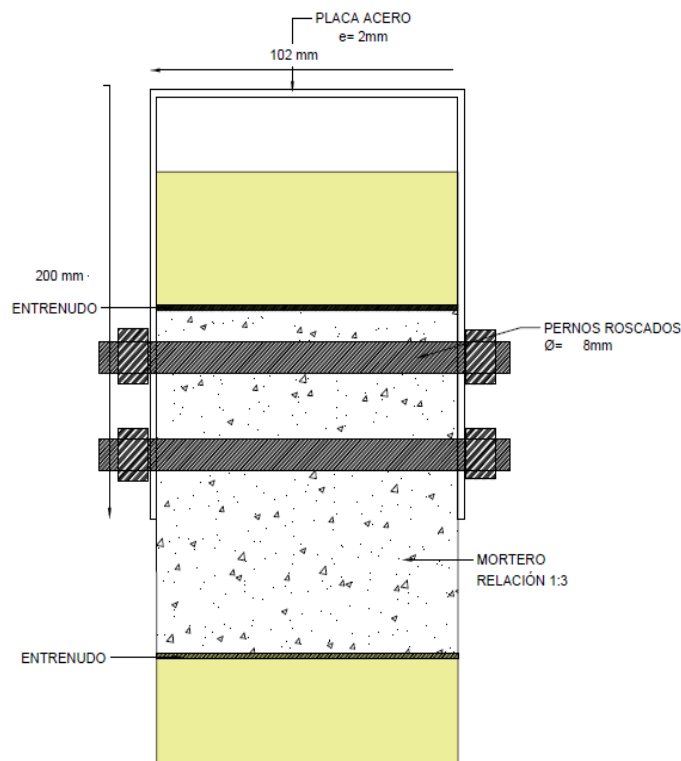


Ilustración 23: Diseño de Conexiones (Placa-Caña)

Después del secado y adherencia entre la caña y el mortero, mediante la aplicación de carga de compresión simple para conexiones, mediante ensayos experimentales de laboratorio como se muestra a continuación en la ilustración 24.



Ilustración 24: Ensayos de Compresión Simple en Conexiones

Después de ensayar como mínimo tres especímenes, para la determinación de la carga última que soporta la conexión entre Caña Guadúa y Placas de Acero de 2 mm de espesor, se obtuvieron los siguientes resultados para resistencias, al evaluar cada uno de los resultados obtenidos descartamos el valor del espécimen 2, ya que el mismo se encuentra fuera de los límites de aceptación, en el ANEXO 2, se podrán visualizar los ciclos de carga a los que fueron sometidos cada espécimen así como el pico máximo en cada curva que representa la máxima Fuerza que puede soportar cada una de las conexiones antes de la falla.

A continuación, se tabulan los resultados para cada una de las pruebas.

	FUERZA ULTIMA 1	FUERZA ULTIMA 2
CONEXIÓN 1	1.69 Ton	8.6 Ton
CONEXIÓN 2	1.26 Ton	4.81 Ton
CONEXIÓN 3	1.48 Ton	5.69 Ton

Tabla 26: Resultados para ensayos en Conexiones

Donde:

Fuerza Ultima 1= Máxima carga que soporta la conexión Mortero, Caña y Pernos

Fuerza Ultima 2 = Máxima carga que soporta la conexión entre placa de Acero y Caña.

Finalmente se muestran las fallas producidas en los especímenes ensayados



Ilustración 25: Falla en Conexión 1, Carga Ultima: 8.6 Ton



Ilustración 26: Falla en Conexión 2, Carga Ultima: 4.81 Ton



Ilustración 27: Falla en Conexión 3, Carga Ultima: 5.69 Ton

Se descarta los resultados obtenidos para la conexión 2 ya que el tiempo de adherencia entre el mortero y la caña fue menor a la de los modelos restantes, por lo que podemos concluir que las conexiones de caña guadúa y piezas metálicas son resistentes a cargas promedio de 7.15 Ton.

CAPÍTULO V:

ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN VIVIENDA DE DOS PISOS CONSTRUIDO EN CAÑA GUADUA (GAK)

5.1. INTRODUCCIÓN

Pese a que este documento abarca temas respecto al diseño estructural de la GaK, sirve saber que plantas muy similares a esta especie, son usadas en todo el mundo con diversas finalidades, tal es así que en algunos lugares pueden ser utilizados como comida, muebles e incluso medicina. Es común que la caña guadua crezca en zonas subtropicales del Ecuador, incluso se ha visto que este material puede crecer en áreas que se encuentran a 3500 m.s.n.m. Esta especie es una de las más de 1000 especies existentes en el planeta, y pertenece al sub-grupo de bambús leñosos que se caracterizan por tener mayores diámetros, por lo cual son más aptos para la construcción que el sub-grupo de los bambús herbáceos que tienen un diámetro reducido.

Los bambús leñosos se dividen en dos grandes categorías que son: los bambús agrupados, también son conocidos como manchas, estos se caracterizan porque los culmos nuevos crecen cerca de la base de culmos ya existentes y los bambús corridos que son aquellos que crecen desde un ramal principal. Además, los subgrupos de bambús leñosos tienen diámetros que oscilan entre 10 a 20 centímetros, con un espesor de pared que generalmente pueden encontrarse en el

rango del 10 por ciento de su diámetro o menos, la altura que pueden alcanzar los culmos de esta especie pueden incluso pasar los 30 metros. Pese a la creencia general de que los culmos de GaK varían de diámetro según van creciendo, se debe decir que esto no es cierto todos los culmos desde el brote tienen el diámetro definido, pero es cierto que su parte más alta varía de forma perceptible en cuanto al diámetro respecta, hay que tener en cuenta que lo que en realidad varía según el crecimiento de la GaK es la distancia entre los nodos. Esto debido a que no posee duramen, lugar donde existe multiplicación continua de células, que en la madera normal hace que el núcleo crezca según pasan los años.

Una vez que el culmo haya alcanzado su altura completa, le tarda en madurar entre cuatro a seis años, ya que a este rango de edad es donde la GaK alcanza su mayor resistencia, este aumento de resistencia se da porque durante este tiempo aumenta la cantidad de silicio y lignina en la estructura interna del culmos, que se conoce como lignificación en conjunto con la solidificación. Si es que estos culmos no son cosechados a tiempo dentro del rango anteriormente mencionado, empiezan a envejecer perdiendo su resistencia y siendo más fácil la contaminación con agentes externos.

Así como en las estructuras tradicionales construidas en base de hormigón o de acero se necesitan muchas investigaciones para tener un profundo conocimiento del comportamiento y sus propiedades, es también obligatorio entender cómo trabaja la caña guadua para lo cual se desglosará en partes a este material para mejor su comprensión. Como se puede ver a simple vista los culmos se dividen por nodos con un espaciamiento generalmente constante, estos nodos son importantes

para el diseño de viviendas puesto que evitan el pandeo de las cañas, este espaciamiento es conocido como nudo y en el material de estudio es menor o igual a 400 milímetros, pero varía dependiendo la especie de bambú con la que se trabaje. Las paredes de los culmos están compuestos por fibras de celulosa tanto verticales como horizontales, las fibras horizontales se ubican en los entrenudos, en tanto que las horizontales en los nodos evidentemente, que sin embargo también contienen fibras ubicadas de manera paralela a la caña, dichas fibras se mantienen juntas gracias a la parénquima que es una estructura a manera de matriz y que está compuesta casi en su totalidad por lignina, por lo cual es la parte que dota de resistencia al culmo, sobre todo cuando se encuentra sometida a esfuerzos de corte y tensión perpendicular a la fibra. Una propiedad que no se debe olvidar es la densidad, misma que se oscila entre 600 y 800 kg/m³, sin embargo, no es constante puesto que todas las propiedades de la caña varían a lo largo del culmo, aunque es satisfactorio utilizar una media.

Otro aspecto importante a tener en cuenta en el diseño son las vigas que siempre deberán limitarse a tener cargas ligeras producidas en los techos y entrepisos. Si no se respetara este principio en la filosofía de diseño de la GaK, se estaría incurriendo en un posible fallo por aplastamiento del culmo, por lo cual las vigas muy cargadas deben obligatoriamente evitarse. Preferentemente el técnico realizará diseños de estructuras donde los culmos se encuentre en tensión o compresión axial, pero se debe tener un cuidado especial ya que los miembros a tensión siempre serán los más débiles de la edificación

5.2. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LA GUADÚA ANGUSTIFOLIA QUE LA HACEN APTA PARA LA CONSTRUCCIÓN

Para que una especie de bambú sea apta para la construcción debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Ser un material resiliente.
- Crecer en zonas bastas del territorio y de forma abundante.
- Poseer un diámetro y espesor lo suficientemente grandes ($\phi = 100$ a 200 mm, $e \geq 10$ mm).
- Tener un culmo de baja conicidad (culmo recto).
- Llegar a la madurez de forma rápida (4 a 6 años).

5.2.1. COMPORTAMIENTO ANTE EL FUEGO

Es común tener el pensamiento de que la caña es muy débil ante el fuego, sin embargo, su comportamiento no varía en demasía en comparación de las otras maderas, a tal punto de que se quema de forma gradual y además la conducción del calor que tiene es pobre, esto se puede ver claramente cuando al quemar un culmo, su capa superficial queda carbonizada pero al alzarla y despegarla de las demás capas inferiores estas se encuentran poco o nada afectadas. Se ha visto en ensayos de laboratorio que las tasas de carbonización pueden ser parecidas a las de la madera que tenga un mismo espesor, donde las dos muestras al ser expuestas al fuego son consumidas rápidamente porque el espesor de las paredes de la GaK son muy delgadas y como resultado tienden a perder resistencia.

Si se quiere construir una estructura donde la caña guadua sea un importante detalle en la composición arquitectónica no debe ser sometida al fuego, y dado el caso que se traten de estructuras de grandes proporciones implicarían pérdidas de vidas humanas, tal hecho implica que cuando este material se encuentre expuesto, se debe tratar de construir solamente techos y estructuras pequeñas que no rebasen 1 piso de altura.

En la normativa reciente NEC-SE-GUADUA se menciona que se pueden realizar casas de hasta dos pisos, esto sería válido si es que no se tuvieran exigencias al fuego tan altas y donde las personas en general tuvieran más cuidado al tomar medidas contra los incendios, que como se ha visto en la experiencia a lo largo de los años no es así, muchas casas en este material se incendian fácilmente, por lo

tanto es necesario usar un material económico y fácil de aplicar como es el mortero de cemento para que el constructor y diseñador proveen un mínimo de protección contra el fuego que ayude al menos a evacuar la vivienda.

5.2.2. COMPORTAMIENTO ANTE SISMOS

Se ha dicho ya, que se tiene la idea errónea de que la caña guadua es un material que se asemeja al acero y que soporta embates de diversa índole, uno de ellos podría ser el de resistir de una manera sobrenatural los sismos. Sin embargo, al contrario de lo que podría creerse la GaK es un material bastante frágil si es que se lo analiza como un solo elemento y esto afecta en su comportamiento ante un sismo. La guadúa no es sismo resistente por sus “excelentes propiedades físicas” sino más bien por lo poco pesada que es, haciendo una relación entre resistencia/peso (que es alta) y además es capaz (al ser bien diseñada la estructura) de absorber alta cantidad de energía mediante sus conexiones donde se usen clavos, porque son más dúctiles que las conexiones que usan pernos. Esto se ha visto sobretodo en estructuras que usan bahareque encementado, que normalmente usan conexiones con clavos debido a que se construyen artesanalmente.

Uno de los puntos fuertes contra los terremotos de estas estructuras es la flexibilidad, pero esta propiedad del material no se puede aprovechar de una manera eficiente, porque los materiales comúnmente usados en la ingeniería que son más pesados tienen restricciones normalizadas de desplazamiento y sobretodo poseen

estudios extensos que confirman su comportamiento y alta resistencia ante los sismos, que dan como resultado que la caña al ser un material de “menor confianza” debe tener requerimientos más estrictos que dichos materiales tradicionales..

Por este preciso motivo hoy en día las estructuras de guadua han dejado de lado el uso de clavos en sus conexiones, ya que por tales requerimientos estas necesitan ser de alta resistencia y utilizar pernos con mortero que rellena los entrenudos próximos a la conexión, sin embargo, los tornillos no tienen la ductilidad de los clavos, que por consiguiente pueden dar paso a una falla frágil en los mismos. Por lo cual es necesario volver a las conexiones con clavos (tomando las debidas precauciones para que no dañen el culmo) y aumentar la redundancia de conexiones dúctiles, que en conjunto con el diseño adecuado apegado a la filosofía sismo resistente pueden aumentar en gran medida la ductilidad de la vivienda.

5.3. ESPECIFICACIONES DE LA GUADÚA ANGUSTIFOLIA PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN

Para conseguir el material con el que se construirá primero es necesario asegurarse de que proviene de una fuente renovable y de que la cantidad requerida no diezmará la población existente en esa zona, para posteriormente cosecharla. Se debe realizar una verificación del material que se empleará en la vivienda, aunque es necesaria no se la puede relacionar con sus propiedades verdaderas y necesita de personal altamente experimentado, algunos criterios que se toman en cuenta en esta verificación son los siguientes:

- Especie exacta y origen (se ha visto casos donde los constructores por falta de experiencia, escogen una especie diferente a la GaK).
- Edad de los culmos (para lo cual el proveedor del material debe certificar la edad y llevar un registro de las fechas de cultivo, como este registro es difícil de llevar se debe realizar la compra a proveedores confiables).
- Propiedades físicas del culmo (altura, diámetro dentro del rango y espesor de la pared $\geq 10\%$ del diámetro del culmo).
- Conicidad (que deberá cumplir con un porcentaje según la normativa aplicada, generalmente no excederán el 1%).
- Grietas (las grietas no se aceptan en estándares internacionales, porque los culmos son más débiles que la media, sin embargo, en las normativas NEC y NSR-10 se admiten según el tipo de grieta).
- Contenido de humedad (se debe tener en cuenta según el equilibrio de humedad del lugar, las normativas latinoamericanas usan un contenido de humedad del 12 por ciento, para arrojar valores de módulos de elasticidad y esfuerzos admisibles).

- Ausencia de insectos y hongos (esto se logrará a través del tratamiento químico de los culmos de GaK, por lo tanto, es un paso obligatorio previo a la construcción).

CAPÍTULO VI

USO ESTRUCTURAL DEL BAMBÚ – DURABILIDAD Y PRESERVACIÓN

6.1. INTRODUCCIÓN

Para que la preservación de la GaK se realice de forma acertada se deben tener en cuenta diversos aspectos, por lo que a continuación se presentan varios criterios acerca de la forma correcta en la que se debe preservar la *Guadua Angustifolia*.

- La base para una buena preservación de este material es la gestión, se debe por lo tanto realizar un control exhaustivo y detallado del almacenamiento de GaK, así como el tiempo de corte en cual se extrajo el culmo. generalmente se tratará de cortar en épocas del año donde el contenido de almidón es adecuadamente bajo.

➤ Jansen (1995), en su libro “Construyendo con Bambú” nos dice que generalmente las construcciones tradicionales fallan en el control correcto del secado de la guadua, simplemente dejan que la guadua este expuesta a los agentes naturales, pero en realidad para realizar un secado homogéneo del culmo se deben seguir las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda proteger la caña guadua de las brisa o lluvia, esto se puede lograr construyendo un techo con alerones muy pronunciados, para evitar acumulaciones de agua y que estas pudieran filtrarse y caer sobre el material.
- Es importante que el secado se realice de forma gradual y constante, para evitar agrietamientos en el elemento, para el secado es necesario apoyar a los culmos sobre un caballete o sobre cimientos de piedra que eviten el contacto directo con el suelo.

A lo largo de este documento se enfatizará acerca de los agentes bióticos que afectan a los culmos, como los son los hongos que afectan a la Gak pudriéndola y que se puede controlar evitando los elementos se humedezcan. También este material se ve afectado por escarabajos y termitas, estos insectos se ven atraídos por los azúcares naturales de la caña, por este motivo es indispensable conocer la fecha de corte de los culmos, así como un tratamiento que pueda contener los posibles ataques de dichos insectos. El control de azúcar y almidón es bastante difícil, según Jansen (1995) los culmos de guadua tienen un exterior e interior

copado por células estrechamente juntas y solo un 10% de la sección transversal de la misma, posee la capacidad de llevar líquido a cualquier parte del elemento, por medio de vasos.

En cuanto a la durabilidad de la caña, cabe recalcar que esta es más sensible a los agentes bióticos que la madera común, esto debido a que sus paredes son poco robustas y poseen diferente composición química para defenderse de dichos agentes, por lo tanto, apenas el insecto u hongo logre penetrar el culmo significará inmediatamente una reducción en las propiedades de resistencia del material, los agentes que comúnmente atacan a la GaK para debilitarla son las siguientes:

6.2. ATAQUE DE TERMITAS

Estos insectos, poseen en su interior enzimas que utilizan para descomponer la celulosa existente en la caña y al ser numerosos por vivir en colonias dañan de una forma muy rápida al culmo.

6.3. ATAQUE DE HONGOS

Estos aparecen cuando el material se ha expuesto a contenidos superiores al 25% de humedad, por lo que la norma estipula que esta no se encuentre en contacto directo con la superficie terrestre ni sea expuesta a condiciones climatológicas adversas de lluvia.

6.4. ATAQUE DE ESCARABAJOS

Los escarabajos atacan la caña para que sus huevos eclosionen, luego de esto las larvas empiezan a alimentarse del almidón que contiene el culmo y para terminar su fase de maduración hacen orificios en la misma para salir. Cabe recalcar que siempre que la caña se encuentre en etapa de maduración (estado verde) contendrán una gama de compuestos ricos en nutrientes, por lo que son más proclives al ataque, aunque se ha visto que en la caña seca y madura estos coleópteros atacan cuando la humedad de equilibrio en la zona es alta

6.5. PROTECCIÓN CONTRA INSECTOS Y HONGOS

Las medidas para proteger a la guadúa deben ser tomadas desde el momento en que se cosechan para su utilización (obviamente debieron ser tratadas y analizadas antes de realizarlo), para este propósito lo mejor es brindar buenas condiciones de

sacado y en el diseño proporcionar los elementos necesarios para evitar un contacto excesivo contra los agentes externos.

En cuanto al secado respecta, quien coseche la guadúa debe asegurarse de que los culmos no se encontraran expuestos a condiciones climatológicas adversas, esto se podría lograr a través de la utilización de cubiertas que brinden protección ante las lluvias, es conveniente evitar que mientras la caña que es almacenada tenga contacto directo con el suelo y así evitar que los lugares donde reposen acumulen agua.

En cuanto a la protección en la construcción se debe proporcionar volados muy grandes para que las paredes o culmos expuestos estén bien protegidos de la lluvia y además se debe proporcionar de canales de recolección alrededor de la cubierta. Una medida complementaria apropiada también sería la de cubrir al material con una capa de un grosor de 2,5 a 3 cm de mortero encima tanto interna como externamente que se encuentren bien ventilados.

Otra práctica habitual es la de levantar los culmos del piso para evitar su contacto directo, a través de sobre cimientos, que según la NEC-SE-GUADUA deben tener al menos 20 cm de altura, de esta forma se evita que las termitas subterráneas puedan atacar la guadúa y así servirá para que si existe evidencia de algún nido de este insecto pueda ser removido o fumigado. Es importante que bajo ningún motivo se embeba los culmos en el hormigón, esta práctica bastante habitual hace que la GaK se pudra, porque el concreto contiene pequeñas fisuras por donde el agua asciende debido a la capilaridad y humedece a la guadúa.

En sitios húmedos el tratamiento para la preservación de los especímenes es obligatorio, algunos de los tratamientos son muy costosos, pero aseguran que la caña dure por mucho más tiempo, existen otros tratamientos de menor costo, sea cual sea el tipo de tratamiento, es válido si se comprueba su efectividad a largo plazo, evitando el impacto ambiental del sitio, que no afecten a las personas durante su vida útil y no dañen el ecosistema al momento de ser desechadas por su desgaste.

Para abaratar costos, los miembros que no tengan importancia estructural sino más bien tengan incidencia en cuanto al atractivo arquitectónico respecta, pueden evitar ser tratados, pero se tendrá en cuenta que regularmente serán reemplazados por su desgaste y propensión a contaminarse de agente bióticos.

La duración de la caña puede variar dependiendo de varios factores como el clima del lugar, el tipo de tratamiento usado, si es que está o no en contacto con el suelo. En la siguiente tabla se tomará en cuenta todos estos factores y según la experiencia indicará cada que tiempo la caña guadúa debe ser reemplazada, en este cuadro se asumirá que el clima es muy adverso y que la probabilidad de que el material se infecte con agentes bióticos es alta:

Tiempo aproximado para realizar el reemplazo de los culmos.			
	Sin tratamiento	Con bórax	Otros preservantes
Interno	2 - 6 años	≥ 30 años	≥ 30 años
Externo encima del suelo	0,5 - 4 años	2 - 15 años	≥ 30 años
Externo en contacto con el suelo	< 0,5 años	< 1 año	≥ 15 años

Tabla 27: Tiempo aproximado para reemplazo de culmos

6.6. TRATAMIENTO DE LA GUADÚA ANGUSTIFOLIA

El tratamiento de la GaK, es un proceso realizado para que la guadúa aumente considerablemente su durabilidad protegiéndola de agentes bióticos tales como escarabajos, termitas, hongos, etc. y de esta manera pueda conservar sus propiedades. Para seleccionar un método de tratamiento para este material, es necesario primero tomar en cuenta ciertos aspectos:

- ¿Qué tipo de tratamiento se realizará?
- ¿Cuál es el costo del tratamiento?

- ¿Cuántos culmos se someterán a tratamiento?
- ¿Existen lugares cercanos de tratamiento?
- ¿Qué tipos de químicos utiliza el tratamiento, están disponibles, son amigables con el ambiente y los seres vivos, es legal usarlos?

6.7. MÉTODOS UTILIZADOS PARA TRATAR LA GUADÚA ANGUSTIFOLIA

Liese W. & Kumar S. (2003) en su Reporte Técnico de INBAR 22: Compendio para la preservación del Bambú, dice que en la construcción tradicional de viviendas se usan diversas formas para tratar la caña guadúa, entre ellas se pueden destacar el sumergimiento del material bajo el agua, ahumamiento para proporcionar una capa protectora y térmica en la superficie y también se suele pintar la GaK para protegerle de alguna forma contra el agua.

Existen muchas limitaciones respecto a estos métodos de tratamiento, como lo diría Kaminski, dichos tratamientos tienen un efecto limitado y pueden ser usados solamente en viviendas provisionales, así como también para elementos con finalidades arquitectónicas. Sería irrisorio pensar que estos métodos tengan algún efecto a largo plazo en la caña guadúa usada con fines estructurales permanentes,

esto debido a que dichos tratamientos están compuestos por materiales y procedimientos muy simples y por consiguiente bastante económicos.

Profundizando en el tema de la pintura en la GaK, se puede decir que pintar o añadir cualquier capa de protección al culmo relacionado con su protección superficial no es efectivo, ya que es difícil adherir de forma correcta la pintura a sus paredes exteriores que están compuestas principalmente por sílice. Otra situación contraria es la radiación ultravioleta, como en cualquier material los rayos del sol hacen que se descomponga con mucha facilidad. Otro motivo por el cual la aplicación de la pintura no es efectiva, se debe a que la caña sufre a lo largo de su vida útil muchas variaciones de volumen, lo cual hace que la pintura empiece a agrietarse y por consiguiente permita la entrada de humedad a culmo.

6.7.1. OPCIONES DE TRATAMIENTO PARA PRESERVAR LA GAK

Existen varias opciones para tratamiento, pero por motivos prácticos de esta investigación se ha decidido dividirlos en dos grandes grupos, los cuales son:

6.7.1.1. MÉTODOS TRADICIONALES

La principal ventaja de estos métodos es que son efectivos, seguros, económicos y sobretodo pueden ser realizados sin que sea necesario el uso de indumentaria o equipo especial, por lo que se plantean los siguientes métodos:

6.7.1.1.1. CURADO EN GRUPO

Luego de cortar las cañas, se las coloca de manera vertical en un en un sitio que se encuentre alejado del contacto del suelo directamente. Después de cierto tiempo las hojas de la caña comenzarán reaccionar con el ambiente y a evaporar diversas sustancias que disminuyen el contenido de almidón en el culmo, para de esta forma controlar el ataque de escarabajos. Es importante aclarar que este método no soluciona el ataque de otros agentes bióticos.

6.7.1.1.2. AHUMAMIENTO

El material se guarda en una cámara o chimenea, donde entre humo producto de la que de alguna fuente de combustible. Según se dice, este tipo de tratamiento sirve para aumentar la durabilidad de los culmos y evita que se introduzcan agentes bióticos, pero es un hecho que aún no ha sido comprobado. Además, la ennegrece

y producto de la pérdida de humedad por el aumento de la temperatura, puede ocasionar grietas.

6.7.1.1.3. SUMERGIMIENTO

Siempre y cuando la caña haya sido recién cosechada se sumerge a los culmos en agua, se necesita la caña fresca ya que sus filamentos aún no se encuentran sellados como en los culmos maduros. Este procedimiento sirve para bajar el nivel de azúcar y almidón. Para que sea efectivo se tiene que hundir durante un tiempo prolongado y pasado dicho tiempo se procede a secar obligatoriamente en la sombra.

6.7.1.1.4. SECADO

Es obligatorio como se ha mencionado a lo largo de este tema que se seque este material. Tradicionalmente se lo realiza al aire libre, hecho que no es muy recomendable ya que las lluvias pueden aumentar su volumen, mientras que el sol puede contraerlos, con lo cual se pueden generar agrietamientos en el elemento. Por lo tanto, es necesario secarlo bajo techos amplios con buena caída, en un sitio que no sea cerrado y permita el paso cuantioso de viento.

6.7.1.1.5. MÉTODOS QUÍMICOS

Existen muchos métodos químicos, un hecho en contra de estos tratamientos se encuentra al realizar un análisis de costo vs beneficio.

La base de los preservantes químicos para tratar la guadúa es su alta cantidad de toxinas. De esta forma se puede mantener alejados a todos los agentes bióticos que atacan a los culmos, es por este motivo su uso debe ser moderado

Muchos de los métodos químicos, utilizados ya desde épocas antiguas son bastantes perjudiciales para la salud en especial: CCA (Cromo- Cobre-Arsénico), así como también el ACA (Arsénico-Cobre-Amoníaco).

Kaminski detalla muchos métodos químicos para tratamiento de guadúa, se enunciarán a continuación dos que son comúnmente usados:

6.7.1.1.5.1. CCA (COBRE – CROMO – ARSÉNICO)

Normalmente se procede a dosificar una mezcla de 3: 1: 4, este es un buen componente para eliminar el ataque de cualquier agente vivo, a tal punto de que también sería muy perjudicial para la salud de los usuarios de la vivienda, por lo que actualmente se ha ido dejando de lado este método.

6.7.1.1.5.2. CCB (COBRE – CROMO – BORO)

Este método prescinde de la utilización de arsénico para reemplazarlo por el boro, más adelante se hablará del beneficio que significa dicho cambio. La composición de esta mezcla variará según el uso que se le dé a la GaK. Se debe tomar en cuenta que un porcentaje similar al de los componentes químicos dosificados en el agua, deben quedar retenidos al secarse el material, así en 1 m³ de guadúa debe quedar la siguiente cantidad de kilos de componentes químicos:

- En contacto con suelo y atmosfera: 8 a 12 kilos.
- En contacto solamente con la atmosfera: 5 a 8 kilos.
- Vigas, columnas, elementos estructurales cubiertos, etc.: 4 kilos.
- Techos: 3 kilos.

<p>Nota: Estos valores son solamente referenciales, no son un método ensayado y comprobado que pueda ser utilizado para todos los proyectos en general.</p>
--

Este método llamado bórax es menos costoso que el CCA y su característica más importante es que afecta al ser humano, por lo que ha ido ganando terreno, sin

embargo, se ha visto la perdida de efectividad, debido a la presencia de humedad en los culmos.

6.7.1.1.5.3. DERIVADOS DE PETRÓLEO

Estos son efectivos para aumentar la durabilidad, el diésel es uno de los derivados menos peligrosos y que podría usarse, a los escarabajos y a las terminas no les gusta su olor, cuando un tiempo ha pasado y su olor desaparece estos agentes bióticos proceden a ingerir el material.

6.7.1.1.5.4. CONSERVANTES MODERNOS EN BASE A COBRE

Lamentablemente este método es costoso, pero su costo tiene que ver con la efectividad de tratamiento que brinda, incluso posee buenas características para la lixiviación, por esto puede ser usado en espacios que no cuenten con la protección suficiente de la humedad.

6.7.1.1.5.5. PRESERVACIÓN CON BORO.

Según un estudio publicado por la Fundación Ambiental del Bambú, llamado “Difusión en remojo vertical para la preservación del bambú”, el boro es un

compuesto químico muy apropiado (sino es el mejor) para tratar de forma satisfactoria la caña guadúa. Este componente reduce el daño por hongos e insectos en casi un 100%, sin que esto implique un daño en la salud.

El boro es de uso fácil y económica adquisición, en la industria de la agricultura es encontrado como un fertilizante común que está listo para usar con simplemente agregar agua en una dosificación adecuada. Para mejorar y facilitar el modo de tratamiento es normal calentar la mezcla, así la mezcla caliente puede ingresar con mayor facilidad por los filamentos de la GaK.

Kaminski et al. (2016) en su investigación acerca de la durabilidad del bambú indica que no hay forma permanente aún de fijar el boro a la guadúa sin que esto signifique aumentar otros compuestos químicos peligrosos a la mezcla, por lo cual siempre será obligatorio e indispensable proteger de las lluvias y la humedad, caso contrario el boro será lixiviado.

El método llamado Boucherie es el menos lesivo a la estructura interna de los culmos, su implementación no necesita que los diafragmas internos ubicados en los nudos sean destruidos, además agrega que preferentemente no se deben romper los diafragmas de los nudos, necesita que esté las guaduas se encuentren recién cortadas, un proceso para tratar que sus filamentos mantengan el proceso de absorción es dejándolas reposar en agua. Para este método es necesario que el componente químico entre a presión, para lo cual se puede utilizar una bomba de presión o una torre ubicada a una altura determinada según el diseño hidráulico del sistema.

Este método es muy beneficioso para las estructuras de guadúa debido a estos dos factores:

- Es más fácil colocar mortero en los entrenudos, confinarlo y directamente mejorar su compactación, cuando se los requiera para utilizarlos en una conexión y mejorar su comportamiento. Además, disminuye en gran proporción la cantidad requerida para este en comparación de que tuviera todos los diafragmas destruidos.
- Estos diafragmas funcionan como arrostramientos naturales interiores de los elementos, si se encuentra en perfectas condiciones aumenta su resistencia general, en especial al pandeo de las paredes del culmo.

6.7.1.1.6. SECADO

Antes de cualquier proyecto con este material es necesario secarlo de forma paulatina y con sumo cuidado, de tal forma que al pasar algunas semanas los culmos lleguen a la humedad de equilibrio del medio en donde se va a construir el proyecto. Este procedimiento también mantiene alejados tanto a hongos como insectos y al momento de transportar evita que se deforme, como lo haría si se encontrara húmedo.

Es importante realizarlo antes de la construcción, así se evitará que el material se contraiga afectando las juntas y conexiones. Para este efecto como se mencionó antes, el secado se lo deberá realizar de forma gradual, con esta medida se logrará que el culmo se contraiga en volumen de forma uniforme, si es que no se respetara el proceso puede dar origen a agrietamientos de la caña y también aplastamiento.

CAPÍTULO VII

DISEÑO ARQUITECTÓNICO DE UNA VIVIENDA DE DOS PISOS CONSTRUIDA EN GAK

7.1. INTRODUCCIÓN

El diseño arquitectónico es parte elemental en la construcción de un proyecto de vivienda. Sin embargo, y pese a la creencia general de que teniendo un plano arquitectónico se puede construir, se debe siempre contar con la ayuda y supervisión de un técnico que interprete estos planos y partiendo de estos pueda realizar un diseño apegado a la filosofía del diseño sismo-resistente. Motivo por el

cual ciertos aspectos de la configuración arquitectónica pueden ser cambiados en el diseño final.

En el siguiente apartado se dará lugar a la concepción arquitectónica de una vivienda de dos pisos, la misma que en capítulos posteriores será diseñada estructuralmente.

7.2. DISEÑO ARQUITECTÓNICO

Como paso inicial se dibujará un plano arquitectónico elaborado en AUTOCAD, debido a que es necesario referenciarse en este, para poder adoptar las medidas de diseño necesarias, Entonces ¿por qué dentro de una tesis de Ingeniería Civil, se realiza una tarea relacionada con la arquitectura? Esto es debido a que en la NEC-SE-GaK, se estipula que el deber de tener en cuenta las especificaciones del material, su comportamiento, estabilidad y seguridad de la estructura y esto es imposible sin una buena concepción arquitectónica.

Iniciamos colocando los ejes principales de lo que después será la vivienda en GaK, en primera instancia la casa tratará de tomar una forma cuadrangular para evitar problemas de torsión, sin que esto afecte en demasía a la esteticidad de la casa. Cada eje se encuentra a 3.50 metros, con un área aproximada de 49 metros.

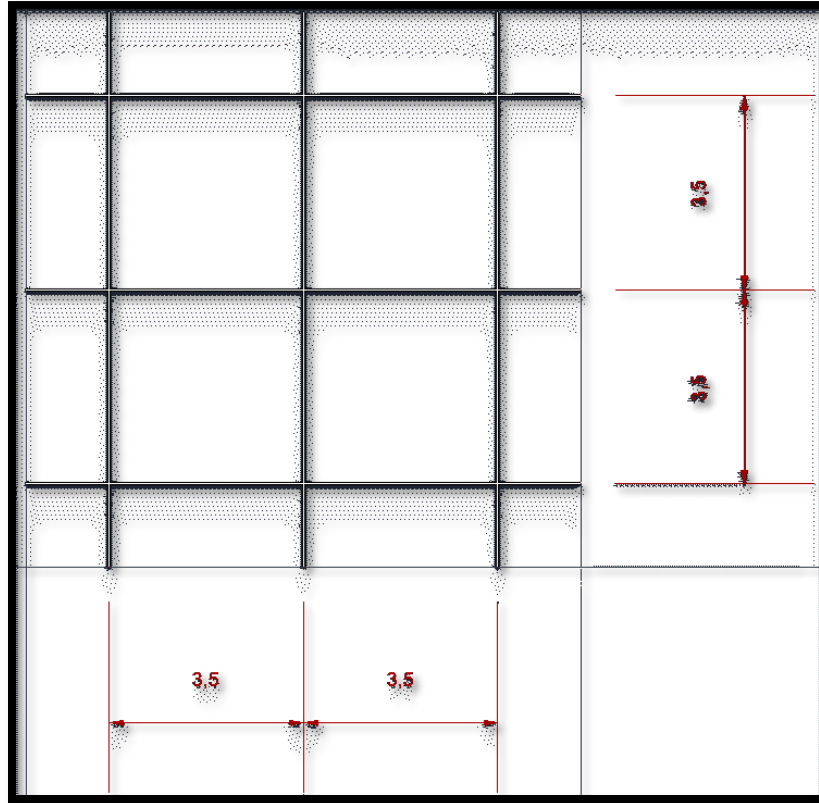


Ilustración 28: Distribución y dimensiones a usar en la vivienda de GaK

Luego de establecer los ejes y las dimensiones iniciales con las que se trabajará, se procede a colocar en el diseño arquitectónico la tentativa de elementos estructurales que conformaran la vivienda en estudio, de tal forma se usaran cuatro culmos por eje para que trabajen como columnas acompañados por dos culmos que servirán como unión de las mismas.

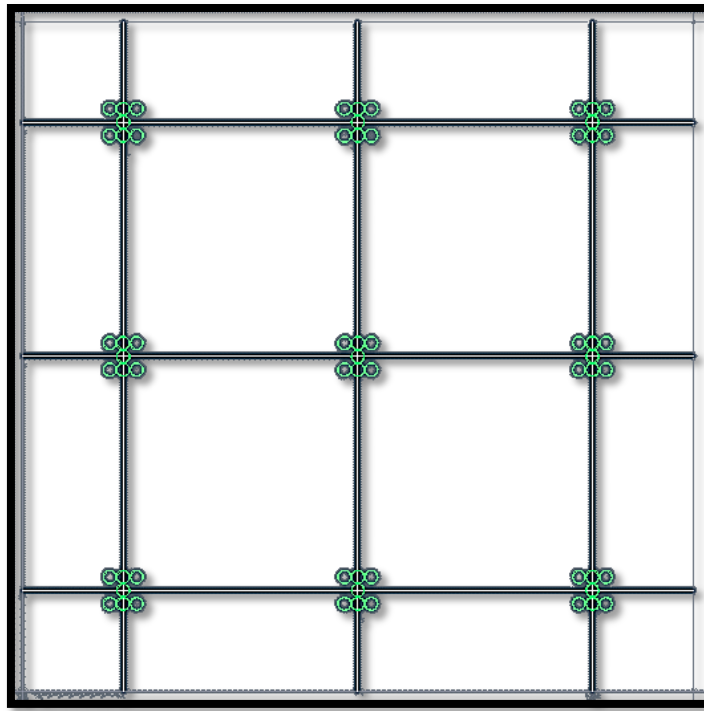


Ilustración 29: Tentativa de distribución de columnas de GaK. (Planta Baja)

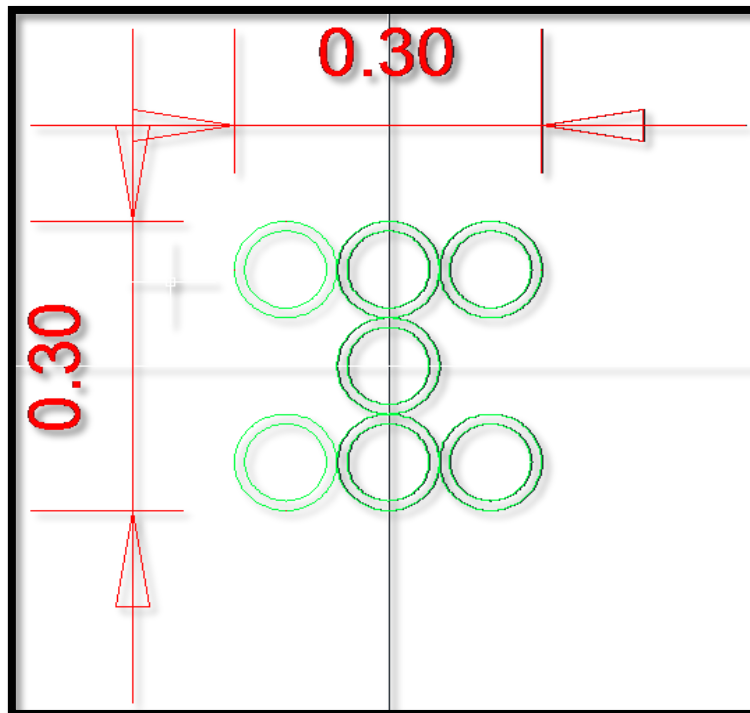


Ilustración 30: Configuración de un conjunto de columnas (culmos de $\Phi = 10\text{cm}$, $e = 1\text{cm}$)

Los culmos de GaK para evitar ser afectados por la humedad y por la lluvia deben necesariamente deben ser colocados encima de zócalo o sobre cimientos, momentáneamente se dispondrá de estos como muestra la imagen.

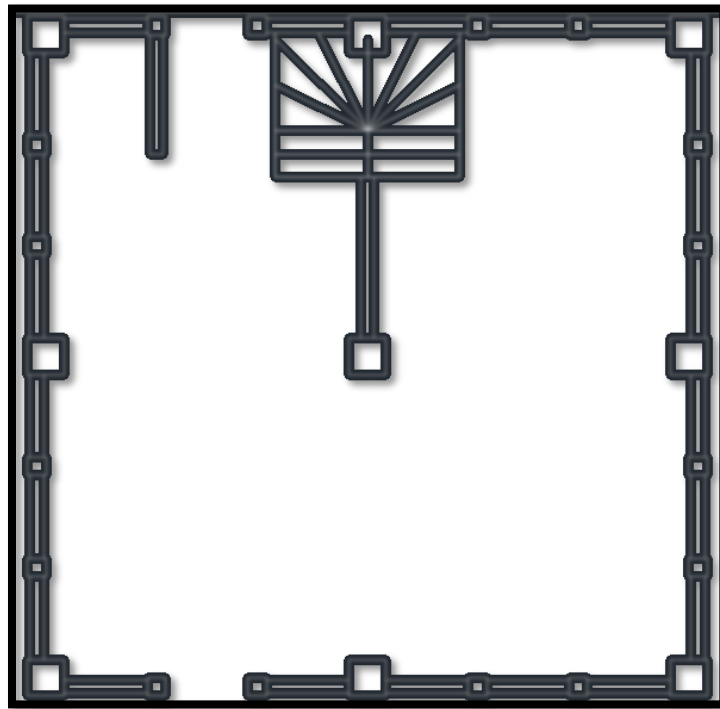


Ilustración 31: Ubicación de zócalos y sobre cimientos (Planta baja).

A continuación, se ubicará una tentativa de arriostramientos, una buena concepción arquitectónica es esencial para realizar un buen diseño estructural. Estos arriostramientos de caña guadúa deben cumplir las mismas funciones de los que son hechos en otros materiales.

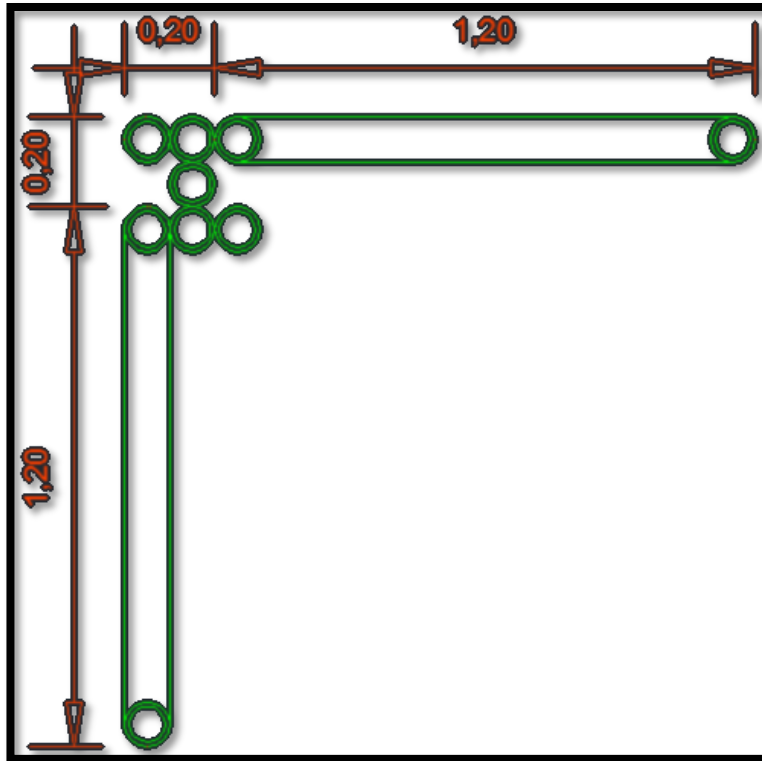


Ilustración 32: Configuración de columnas y arriostramientos esquineros.

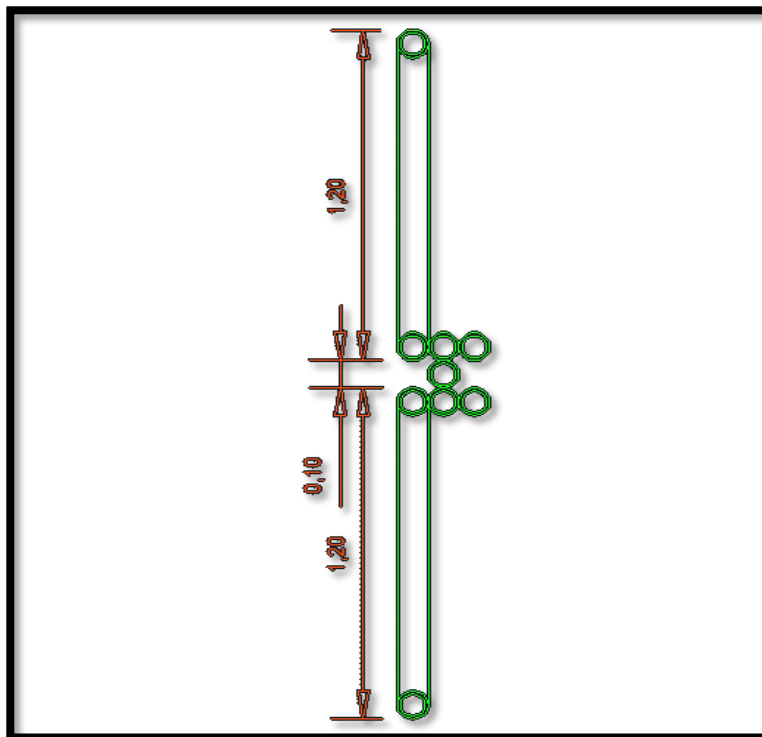


Ilustración 33: Configuración de columnas y arriostramientos centrales

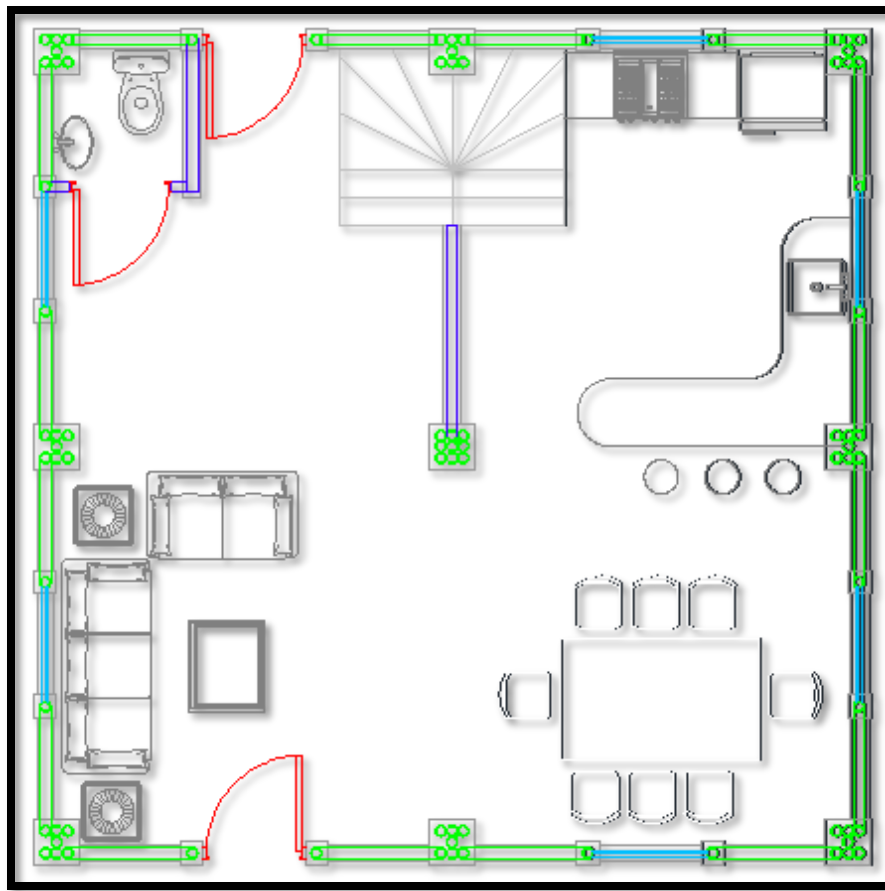


Ilustración 34: Distribución arquitectónica de la vivienda (Planta Baja).

La configuración de los elementos estructurales es la misma que se encuentra en la planta baja, solo su parte arquitectónica en cuanto a la distribución de espacios es la que variará en la segunda planta.

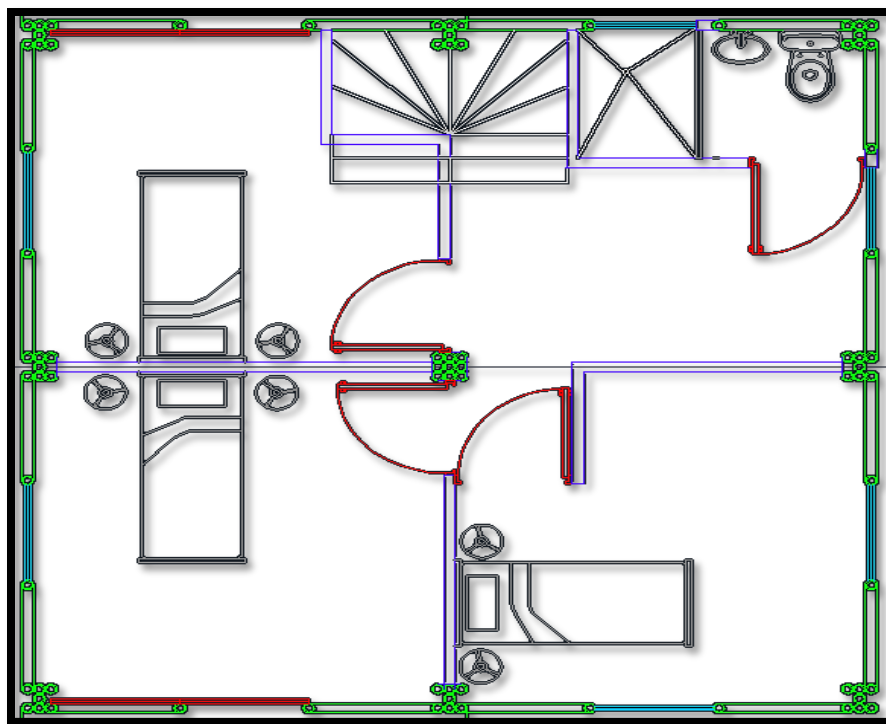


Ilustración 35: Distribución arquitectónica de la vivienda (Segunda Planta)

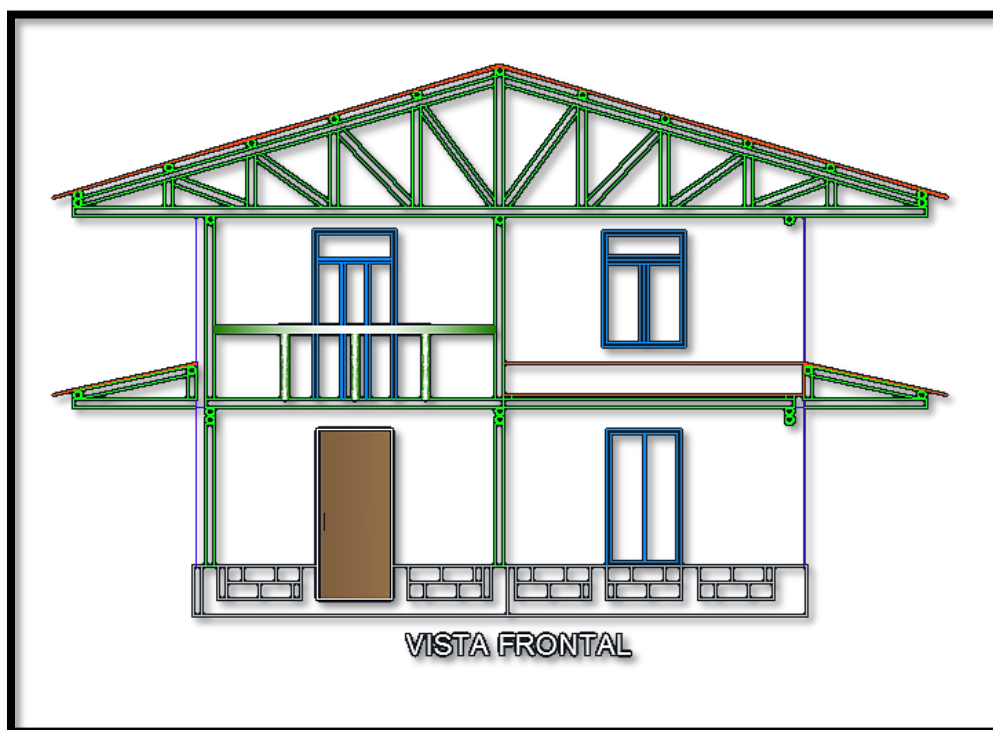


Ilustración 36: Vista frontal de la vivienda.

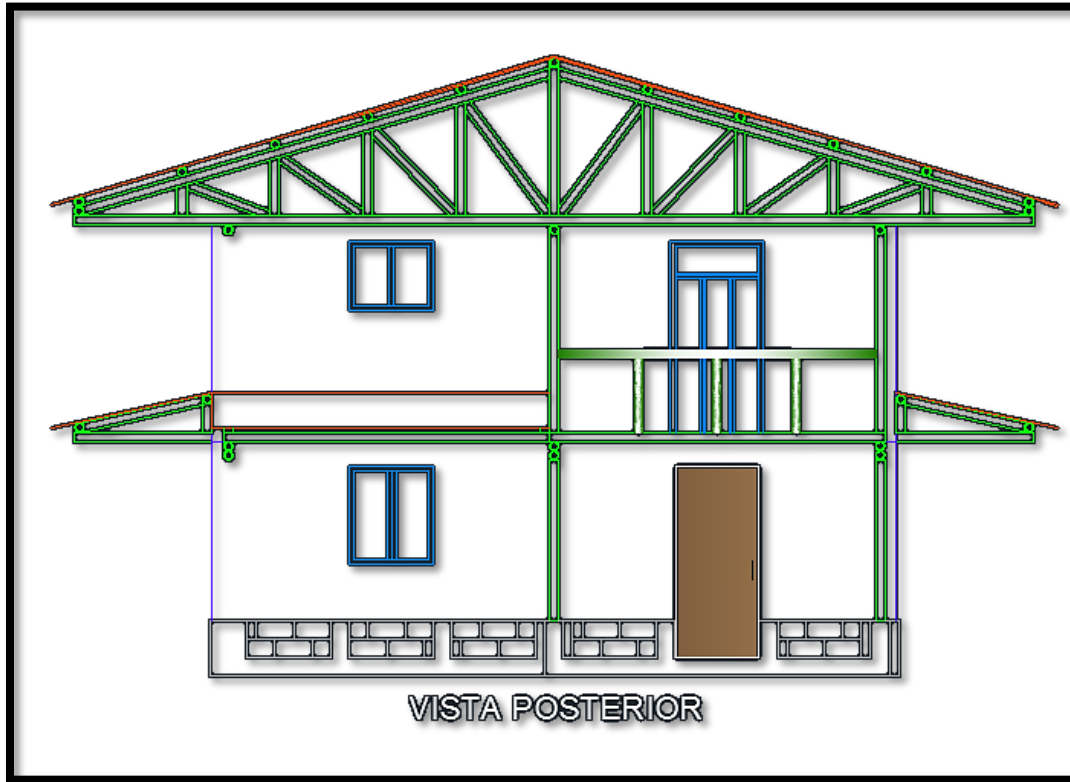


Ilustración 37: Vista Posterior de la vivienda de GaK.

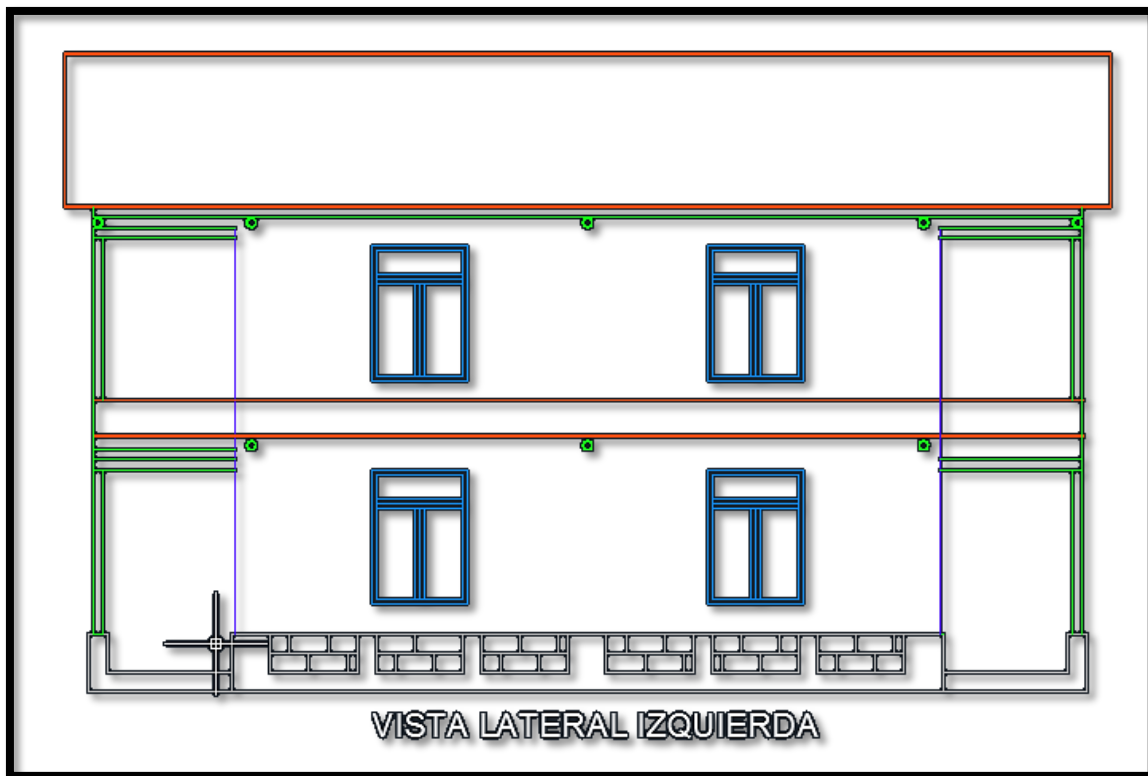


Ilustración 38: Vista lateral izquierda de la vivienda de GaK

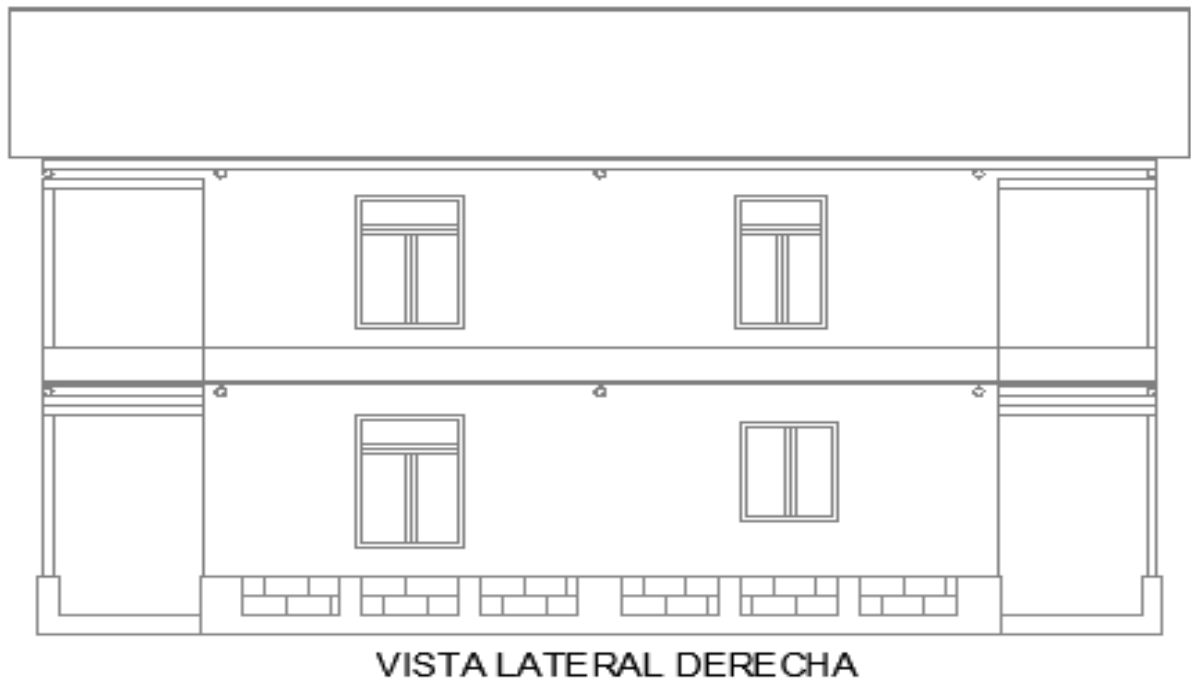


Ilustración 39: Vista Lateral Derecha de la vivienda de GaK.

En esta sucesión de imágenes se ha dado a conocer la configuración arquitectónica de la vivienda de GaK, si se requieren más detalles como el de cotas y elementos utilizados.

Cabe recalcar que en esta sección se ha realizado la configuración arquitectónica apegada a las recomendaciones de la NEC – SE – Guadúa, NSR – 10 – Título G y diversos manuales técnicos europeos. Sin embargo, durante la fase del diseño y si es que este lo determina, podrán cambiar los elementos concebidos en la configuración arquitectónica.

CAPITULO VIII

DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA DE DOS PISOS CONSTRUIDA EN CAÑA GUADÚA

8.1. ANTECEDENTES

El diseño que se realiza en este trabajo experimental, parte desde la utilización de un material propio y casi milenario como es la GaK, complementándolo con la ingeniería para transformarlo en una forma de construcción fuerte y durable. Dicho diseño tendrá como característica primordial la sismo resistencia.

Estas casas generalmente pueden ser diseñadas para que se construyan en primera instancia los elementos más esenciales de la vivienda, tales como lo son columnas, vigas, entresijos y que luego pueden ser recubiertos con materiales temporales según la vivienda que se vaya construir, caso contrario se la podrá recubrir con mortero para obtener una vivienda con mayor vida útil.

El Ecuador se encuentra en una zona que es muy vulnerable a los desastres naturales, dentro de los cuales se encuentran los sismos. Dichos sismos, como se pudo ver el 16 de abril del 2016, aumentan el déficit de vivienda que hoy por hoy sufre el país. Es importante un diseño sismo resistente debido a que el territorio nacional tiene un riesgo sísmico muy alto, con un pico de aceleración de 0,4g en ciertos lugares.

8.1.1 REVISIÓN DE VIVIENDAS EXISTENTES DE BAJO COSTO EN EL ECUADOR

En zonas costeras rurales e incluso urbanas, es común encontrar casas de bahareque. Estas casas utilizan marcos de caña guadúa que se recubren con caña picada, recubiertas con estiércol o tierra en combinación con paja para darle mayor resistencia. A esta estructura se le eleva sobre un sobre cimiento de piedra u hormigón según la disponibilidad de los recursos para evitar que la caña absorba humedad, para así evitar el ataque de agentes bióticos. En estas estructuras tradicionalmente se proporciona un techo muy amplio para que proteja del clima a los elementos interiores.

Una propiedad importante de este material es su bajo peso, motivo por el cual se debe evitar aumentar el peso propio de la estructura, como por ejemplo con la añadidura de tejas, revestimientos exagerados, que aumentan las solicitaciones en la estructura durante un sismo.

Existen varios métodos de construcción, el método más usado en el Ecuador es el de mampostería no reforzada y confinada por elementos reforzados de concreto (vigas y columnas).

8.1.2. UN DISEÑO INNOVADOR

La construcción con caña guadúa no es nueva, se la ha venido realizando desde el siglo pasado. Sin embargo, se requiere de un diseño innovador en este material resiliente, que reduce las emisiones de gases de efecto invernadero a la mitad de lo que se produciría en una construcción de mampostería confinada. Este diseño innovador debe buscar que la vivienda:

- Resista catástrofes.
- Tenga bajo costo.
- Dure un tiempo aceptable.
- Brinde condiciones cómodas de vida.
- No sea tan complicada de construir.
- Requiera un mantenimiento ocasional.

8.1.3. DISEÑO TRADICIONAL VS DISEÑO MEJORADO

A continuación, se presentará un cuadro basado en un trabajo de investigación realizado por el MSc. Ing. Kaminski 2013, donde se contrasta información de la construcción tradicional antigua y como esta puede ser mejorada:

Diseño Tradicional vs Diseño Mejorado de GaK	
<i>Diseño Tradicional Antiguo</i>	<i>Diseño Mejorado</i>
Comúnmente se realizaban cimentaciones rellenas solamente con piedra, que se extendían en suelo para cubrir los elementos de GaK contra la humedad.	Para mejorar esto, se podría utilizar una losa reforzada, que se asiente en vigas de piso reforzadas. Y encima de esta losa, usar dos filas de bloques reforzados, donde reposarán los elementos de GaK.
	Estos cambios en el diseño generarán una cimentación más rígida que distribuya de mejor manera las cargas y evite asentamientos.
Se usaba barro combinado con heces de animales y para darle más resistencia se añadía paja	Para mejorar este procedimiento se puede usar una combinación de cemento y arena de 1:2, recubierto con malla de gallinero encima de la caña picada. (Ver imagen)
	Este procedimiento evita que la GaK se encuentre expuesta a los elementos naturales y a los insectos, lo cual hace que requiera menos mantenimiento y aumenta su durabilidad. Además, dota a la estructura de un aspecto arquitectónico más moderno.
	Según Kaminski, 2015 en su estudio de Diseño Vernáculo de casa de bajo costo, dice que se debe usar mallas de gallinero por cada lado de la pared encima de la caña picada, estas mallas deben atarse a las cañas con alambre de acero galvanizado que es de uso común para amarrar estribos. Esta medida puede aumentar la resistencia de la pared de GaK dentro de su plano, evitando desprendimientos del mortero en un sismo.
Los techos en este tipo de viviendas utilizaban un marco simple de caña de doble paso (techo simple de uno o dos aguas). Sin embargo estos techos pese a ser simples y livianos, veían incrementado el peso que tenían que soportar, al colocarse tejas de arcilla cocida, lo cual genera complicaciones en sismos.	El techo en este diseño estructural también utiliza un marco simple de guadua de paso doble. A este techo en lugar de colocar tejas pesadas, se le podría colocar techos de zinc, de eternit o de cualquier material que sea lo suficientemente liviano.

Tabla 28: Diseño tradicional vs Diseño mejorado - Fuente: Kaminski, Lawrence, Coates & Foulkes, 2015

8.2. USO ESTRUCTURAL DE LA CAÑA GUADUA

A la caña guadua se le puede dar los siguientes usos estructurales:

8.2.1. USO EN MUROS

Su gran resistencia a la compresión lo hace un elemento adecuado como muro, además puede aumentar su rigidez, durabilidad y debilidades contra el fuego al recubrirlo con mortero. Para mejorar el comportamiento horizontal de estos muros se los puede juntar con trabes de madera anclados a la GaK con marcos de acero.

8.2.2. USO EN COLUMNAS

Generalmente en Ecuador se usa un solo culmo de GaK como columna, pero tiene algunos problemas en especial el posible pandeo de la misma. Por este motivo se debe construir columnas mixtas con dos o más culmos. Si es que se lo quiere dejar expuesto en el interior de la vivienda se deben tomar las debidas precauciones.

8.2.3. USO EN VIGAS

Al igual que en las columnas, al ser utilizados con un solo culmo, sufren algunos problemas por los esfuerzos de flexión y corte a los que son sometidos. Para evitar dichos fallos lo mejor es utilizarlos en grupos de GaK, lo cual los hace más resistentes.

8.2.4. USO EN MARCOS ESPACIALES

Pese a ser un diseño poco usado, se lo está tomando en cuenta ya que explota las propiedades del material en compresión y tracción. Sin embargo, su uso puede requerir conexiones especiales que son costosas, y además dejan la guadúa expuesta al fuego.

8.2.5. USO EN VIGAS DE ENTREPISO

Al igual que las vigas, estas tienen grandes problemas de flexión y de vibración, esto se puede arreglar con un piso más rígido y pesado. Sin embargo, esto hace que los culmos puedan ser aplastados, se solucionará como se ha dicho en diversas ocasiones con el vaciado de hormigón dentro de los entrenudos que tengan este problema. Se pueden juntar dos o más culmos intentando evitar esto, pero aún nada demuestra que los culmos en conjunto puedan transmitir efectivamente esfuerzos.

8.3. BASES DEL DISEÑO SÍSMICO DE LA CAÑA GUADÚA

La caña guadúa por sí sola no es sismo resistente, esta es una creencia general debido al buen comportamiento que ha tenido en eventos telúricos y en los diversos ensayos de laboratorio realizados. Lo ideal no es generalizar estas propiedades a todas las estructuras que se estén por realizar, siempre es necesario tener en cuenta la complejidad y tamaño de la edificación.

Es cierto que la GaK es un material con propiedades intrínsecas sorprendentes, pero esto no quiere decir que basta para asumir que su comportamiento es ideal en todas las estructuras. Así como el hormigón y el acero son buenos materiales para construcción, no cabe duda que realizar malos diseños con estos materiales provocaría una gran catástrofe, y sin embargo son elementos que en laboratorio han demostrado tener un comportamiento muy efectivo. Por este motivo es que una construcción en caña guadúa no puede estar sustentada únicamente en las propiedades físico-mecánicas de la misma, sino que debe estar basada en un buen diseño, que se encuentre apoyado en códigos o manuales de construcción. Para diseñar una estructura de caña sismo-resistente, se debe tener en cuenta los siguientes criterios:

- La GaK es un material que posee una alta relación resistencia/peso. Por lo que generalmente las estructuras de caña serán livianas, y al realizar un análisis sísmico se podrá determinar que las fuerzas inerciales de la edificación serán menores, en comparación de materiales como el hormigón o acero, si es que se construyera una edificación con similares características arquitectónicas.

- Un criterio muy importante a tener en cuenta, es la magnitud de su módulo elástico. El valor del mismo es muy pequeño, por lo que al construir una estructura con este material supondría que la misma sería muy flexible, con lo cual se obtendría que el periodo de la misma es más largo que estructuras similares construidas en diferentes materiales. Resultado directo de esto es que su respuesta a las aceleraciones del suelo en un sismo es menor. Lamentablemente esta propiedad, también indica que su comportamiento pese a ser flexible no es dúctil, aumentando las derivas de piso en demasía podría ocasionar fallas frágiles, por lo que como dice la NEC-SE-Guadúa: Las estructuras muy altas no son recomendables.
- Como se mencionó en el apartado anterior, este material es frágil. Hecho que presenta grandes inconvenientes en el diseño sísmico, esto se puede reducir aumentando las conexiones dúctiles (redundancia) o rigidizando la estructura con arriostres para fuerzas laterales. Con lo cual se llega a la conclusión de que es importante, diseñar la GaK con otros materiales que les ayuden de disipar energía, como por ejemplo clavos, mallas de gallinero, marcos de madera, marcos metálicos, etc.

8.3.1. DISEÑO PARA CARGAS ESTRUCTURALES

En este apartado del documento se analizan los criterios estructurales básicos acerca de la caña guadúa y además aportará con los principios fundamentales para realizar un buen diseño para cargas laterales (sismo o viento) así como también para cargas gravitacionales.

8.4. CRITERIOS ESTRUCTURALES BÁSICOS ACERCA DE LA GAK SEGÚN EL TIPO DE SOLICITACIÓN

Anteriormente se ha mencionado que es necesario conocer muy bien el material. Las propiedades físicas, geométricas, químicas, etc. son elementales ya que brindan una guía para conocer cuál será el comportamiento del mismo ante cualquier situación que pueda ocurrir. El problema con la GaK es que prácticamente es un material “nuevo” por la falta de experimentación que ha tenido respecto a materiales más conocidos como el hormigón y el acero de los cuales se conoce mucho, debido a la existencia de muchas incertidumbres en el diseño, es recomendable tener en cuenta los siguientes criterios acerca de la GaK:

- Los culmos son poco resistentes al ser sometidos a cualquier esfuerzo que sea perpendicular a la fibra, dichos esfuerzos pueden ser a compresión a tensión. La resistencia a la compresión perpendicular es extremadamente menor a la que compresión paralela. Al ser los culmos huecos y con espesores de pared muy reducidos, si se presentan esfuerzos de tensión perpendicular a la fibra las secciones de los culmos fallan fácilmente por corte. Si se tienen cargas puntuales elevadas sobre un culmo pueden generar fallas por aplastamiento local.
- Es mejor que la caña guadúa sea sometida en general a esfuerzos de compresión paralela a la fibra ya que es más fuerte y es más fácil de realizar sus conexiones.
- Se deberá tener especial cuidado en este tipo de estructuras ya que son la parte más débil de la misma.
- La GaK es satisfactoriamente resistente a esfuerzos de tensión paralelos a la fibra, pero es difícil que una estructura falle debido a estos esfuerzos porque es más común que la conexión en tales casos falle primero.

- Los culmos de guadúa no tienen similares características mecánicas que la madera, aunque se comporten de forma similar, sobre todo al momento de someterlos a esfuerzos de flexión no son tan resistentes como la madera de dimensiones aproximadamente iguales.
- La conicidad de los culmos afecta mayoritariamente en su comportamiento, por lo que es importante realizar revisiones de pandeo cuando un culmo delgado es sometido a compresión.
- Si se quiere realizar un diseño que contemple el trabajo en conjunto de grupo de GaK, es necesario que en la construcción se asegure este comportamiento ya que no es fácil hacer que los culmos trabajen fiablemente de manera compuesta.
- No está contemplado en el diseño sismo-resistente trabajar con culmos que no hayan sido tratados previamente.

8.4.1. DISEÑO PARA CARGAS POR GRAVEDAD

Kaminski, Lawrence & Trujillo (2016) en el reporte técnico de INBAR N°38 “Guía de diseño para la construcción de viviendas de Bahareque” argumentan que las estructuras en caña guadúa naturalmente se encuentran diseñadas para soportar cargas gravitacionales y llevarlas a la cimentación a través de una línea de carga bien definida. Se simplifica con esto el diseño de la estructura y aumenta la confianza en la construcción que directamente implica en la disminución de los riesgos generados por eventos catastróficos. Por estos motivos es necesario tener una línea de carga gravitatoria que sea regular y clara, que puede ser diseñada teniendo en cuenta los parámetros que se estipulan a continuación:

- Tanto en el diseño arquitectónico como estructura se deberá concebir una línea de carga gravitatoria que sea simple, continua y regular.
- Es importante que la estructura sea lo más liviana posible, esto se podrá lograr disminuyendo las cargas del techo (como la de tejados pesados) y la de pisos (como la de cerámica), así se podrá reducir la demanda gravitacional de la estructura.

- Se utilizarán como vigas secundarias a elementos que posean grandes diámetros en la estructura del techo, así como también en el piso. Con esto se evita las deflexiones y cargas exageradas en los culmos que trabajan como vigas.
- Se deberán eliminar cargas puntuales de gran magnitud, mismas que hacen que el elemento falle por aplastamiento local.
- En la construcción es difícil hacer que un grupo de culmos de GaK trabajen de manera conjunta, por lo que en el diseño no se debe asumir dicha acción.
- Si es posible se deben utilizar conexiones atornilladas para transferir las cargas, ya que son elementos fuertes y rígidos.
- Los elementos deben estar unidos sólidamente, de esta forma se evita la falla por colapso de la estructura, dado el caso de que ocurra una falla en cualquier elemento individual.
- Indispensablemente se tendrá que construir cimentaciones simples, que transmitan las cargas de forma adecuada al suelo.

Nota: Calcular las cargas gravitacionales y su comportamiento es muy fácil, incluso si se lo realiza a mano, puesto que la mayoría de elementos son simplemente apoyados. Kaminski et al. (2016) recoge en el mismo texto que no es recomendable realizar cálculos en programas informáticos, dichos programas algunas veces realizan análisis de líneas de cargas que no son las correctas. Si es que los techos de la estructura tienen una configuración compleja se puede realizar el análisis y diseño utilizando estos programas de análisis estructural. Su uso no debe ser tomado a la ligera, se tendrá extremo cuidado de no asumir que las conexiones pueden transmitir momentos, en todo caso sin excepción es recomendable utilizar a las conexiones como si fueran elementos articulados.

8.4.2. DISEÑO PARA CARGAS DE SISMO Y VIENTO

Tanto las cargas de sismo como las de viento se analizan en este apartado ya que someten a esfuerzos similares a la estructura, que tendrán que ser recibidos adecuadamente por la misma y transmitirlos a la cimentación. Obviamente estas fuerzas no son generadas por los mismos eventos naturales por lo que tienen ciertas diferencias que serán descritas a continuación:

- Mientras que la aceleración producida en una estructura por un sismo depende de su peso, en una tormenta la aceleración producida por el viento depende de la magnitud de dicha tormenta.

- Los eventos telúricos generan cargas cíclicas que pueden llevar a la falla a los elementos de la estructura e incluso suelen acompañarse con réplicas de menor magnitud que agravan el problema.
- Dentro de la filosofía de diseño sismo-resistente se contempla que pueden existir daños en la estructura siempre y cuando se controle la forma y el lugar de dichos daños. Por el contrario, en un evento de viento no deberá existir ningún daño estructural.

Kaminski da por sentado que la caña guadúa como un elemento individual se comporta de manera contraria de lo que se podría esperar de un material para la construcción sismo-resistente, incluso posee modos de falla que son frágiles y afectan su desempeño sismo-resistente.

La flexibilidad de estas estructuras es un tema de debate hoy en día. De alguna manera esta puede ser beneficiosa en los sismos ya que permite el movimiento y disipación de energía sin fallas de los elementos, pero los desplazamientos en las normativas y códigos actuales son limitados ya que muchas edificaciones poseen elementos pesados en su interior que producto de las derivas exageradas tienden a moverse y caer sobre las personas, hecho que incluso puede ser más mortal que el mismo terremoto.

Es recomendable que se utilicen estructuras con conexiones compuestas por pernos y mortero, que además sean complementadas con clavos. Los clavos aumentarán la ductilidad de las conexiones que generalmente se comportan de forma frágil. Con esta medida se aumenta la resistencia y redundancia en toda la estructura. Kaminski propone los criterios expuestos a continuación para diseñar una estructura ante eventualidades de sismo o de viento:

- El diseño contra sismo o viento dependerá del lugar donde se vaya a realizar el proyecto. En un lugar con sismicidad alta es mejor construir estructuras livianas, mientras que en un lugar con tendencia a sufrir tormentas se recomienda construir estructuras pesadas para evitar el volcamiento. Las estructuras de guadúa son muy ligeras, por lo que es mejor realizarlas en lugares con eventualidades sísmica recurrentes.
- Aunque en Ecuador no existe la posibilidad de vientos con velocidades muy elevadas, es recomendable realizar el chequeo por volcamiento de la estructura, ya que es posible que el peso propio de la misma no sea suficiente para contrarrestar este empuje lateral. Si fuera este el caso, una solución podría ser la de anclar con correas el techo de la estructura de la misma o simplemente aumentar la masa de la cimentación teniendo en cuenta la resistencia del suelo.

- De preferencia se evitará las irregularidades en altura, así se puede mantener una línea de carga lateral sin discontinuidades.
- Obligatoriamente se aumentará la ductilidad y redundancia del sistema estructural.
- Una estructura basada en pórticos necesitará un sistema para soportar las cargas laterales que existan. Como recomendación se puede utilizar arriostramientos, muros de corte o pórticos resistentes a momento, sin embargo, lograr construir de manera correcta PRM con GaK no es fácil e incluso es improbable.
- El sistema de soporte para cargas laterales necesariamente tendrá que absorber energía en los dos sentidos ortogonales. Los componentes de este sistema deben estar espaciados y distribuidos uniformemente, brindando protección en todos los pisos existentes.

Nota: Kaminski al igual que en las cargas gravitacionales recomienda que no se usen programas de análisis estructural, ya que pueden cometer fallos al momento de interpretar las líneas de carga lateral.

8.5. SISTEMA DE SOPORTE PARA CARGAS LATERALES

Al construir con hormigón o acero es necesario realizar sistemas que soporten cargas laterales, en general todas las estructuras lo requieren como en el caso de una estructura de caña guadúa que obligatoriamente tendrá un sistema aparente que resiste tanto sismo como viento.

A diferencia del hormigón armado y el acero donde los pórticos resistentes a momento son utilizados como base fundamental del diseño sismo-resistente, la caña guadua no puede utilizarlos. Kaminski dice que los principales motivos para no usar PRM son los siguientes:

- Dentro de la poca experimentación que existe en cuanto a juntas en este sistema constructivo, no se ha desarrollado conexiones que cumplan con los requerimientos de resistencia, rigidez y ductilidad.
- Las propiedades mecánicas de los culmos de GaK no poseen los estándares de resistencia para formar parte de un PRM. Aunque se usen grupos de GaK, la acción en conjunto no está garantizada en la construcción, eliminado de esta forma la posibilidad de crear conexiones lo suficientemente rígidas.
- La guadua es un material frágil así sea usada en conjunto no posee la ductilidad necesaria para formar un PRM.

En general los sistemas más beneficiosos para soportar cargas laterales son los arriostramientos y los muros de corte.

8.6. ARRIOSTRAMIENTOS

Los arriostramientos son marcos que se configuran de forma triangular, donde las cargas laterales son transmitidas al suelo a través de los esfuerzos de tensión y compresión que se generan en los arriostramientos. Estos elementos pueden transmitir esfuerzos a través de un comportamiento de tensión y compresión, solo compresión o solo tensión. Los tallos de caña guadúa trabajan mejor si son sometidos a esfuerzos de compresión, dado que es difícil someter a las cañas a grandes esfuerzos de tensión y que sean transmitidas eficientemente a sus conexiones, sumado a que los elementos no tienen la suficiente ductilidad para dichos requerimientos. Con lo cual la estructura requerirá de todos los arriostramientos necesarios para evitar que los elementos trabajen con cargas de tracción altas y que se tenga la certeza de que los elementos trabajen en compresión. Una solución a los requerimientos de tensión, podría ser la de utilizar refuerzos de acero, que pueden disponerse en un plano paralelo al culmo e incluso dentro de este.

Como se ha venido analizando a lo largo de este capítulo los marcos de caña guadúa sin ningún tipo arriostramiento no son aptos para soportar cargas laterales, al contrario de los muros de corte los pórticos de caña guadúa tienen altas probabilidades de fallar por tensión o aplastamiento local de sus conexiones. Los marcos de GaK se pueden usar siempre y cuando las cargas de la estructura sean bajas y esta posea muchos arriostramientos. Las limitaciones de este sistema de construcción están gobernadas por la resistencia de las conexiones, así como también por el pandeo de los culmos de GaK que se encuentren sometidos a compresión.

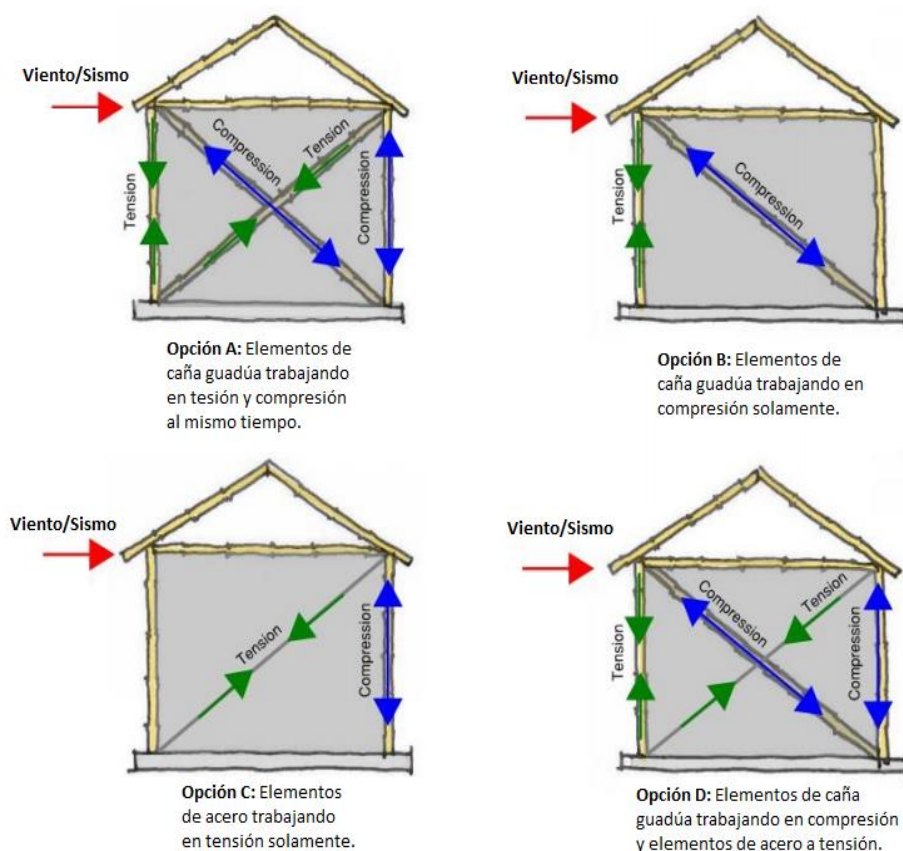


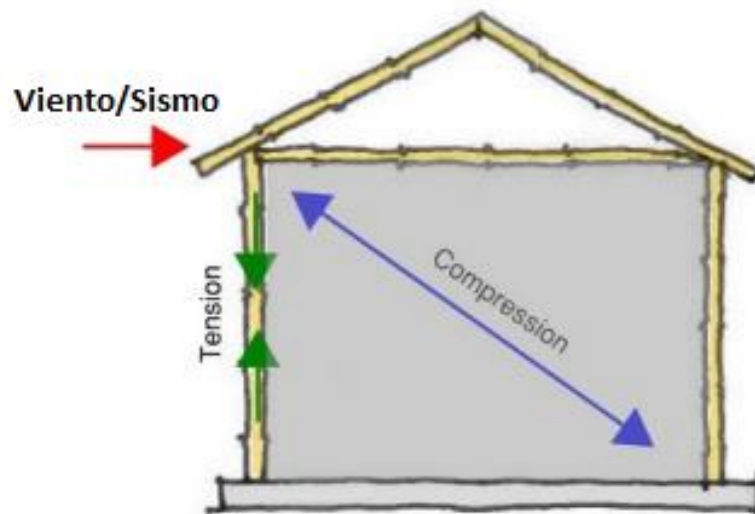
Ilustración 40: Sistemas de arriostramiento para viviendas de GaK, Fuente: Guía de diseño para la construcción de viviendas de Bahareque

8.7. MUROS DE CORTE

Un muro de corte es un elemento continuo con una rigidez y solidez alta. Su principio se basa en transmitir todas a las solicitaciones a las que es sometido a través de una fuerza de corte que se distribuye a lo largo de toda su continuidad, directamente a las cimentaciones.

Kaminski en su publicación para INBAR N°38 dice que los muros de corte para caña guadúa son elementos continuos compuestos por un marco, matriz y mortero, que bien diseñados actúan adecuadamente frente a las solicitaciones a los que son sometidos. El comportamiento en conjunto de estos tres elementos es lo que hace que sea realmente efectiva a los esfuerzos cortantes, la matriz por ejemplo detiene en su sitio al mortero y de esta forma conecta al mortero con el marco. El marco por su parte resiste las fuerzas de verticales que son inducidas en el sistema, pero también soporta esfuerzos de corte localmente.

Es posible también combinar estos muros de corte con arriostramientos laterales convirtiéndolos en un sistema híbrido, los cuales son sistemas ideales para soportar tanto esfuerzos verticales, así como horizontales, dotando a la estructura de una rigidez adicional.



Muro de Corte: Elemento compuesto por mortero de cemento y la matriz que resisten la carga horizontal, por medio de un puntal diagonal en la pared.

Ilustración 41: Muro de Corte, Fuente: Guía de diseño para la construcción de viviendas de Bahareque

CAPITULO IX:

MODELACIÓN DE UNA VIVIENDA DE CAÑA GUADÚA

9.1. INTRODUCCIÓN

El diseño estructural es parte elemental de un proyecto de vivienda, realizar un diseño apegado a la filosofía del diseño sismo-resistente. Motivo por el cual ciertos aspectos de la configuración arquitectónica pueden ser cambiados en el diseño final.

En el siguiente apartado se dará lugar a la modelación estructural de una vivienda de dos pisos, cuyo procedimiento será demostrado mediante capturas de pantalla, acompañado de la descripción de cada una de ellas.

9.2. MODELACIÓN MEDIANTE PROGRAMA COMPUTACIONAL AUTODESK ROBOT

La figura muestra la configuración final de la estructura a construir. Sin embargo, los elementos dispuestos de esta forma generarían problemas al programa para realizar los cálculos.

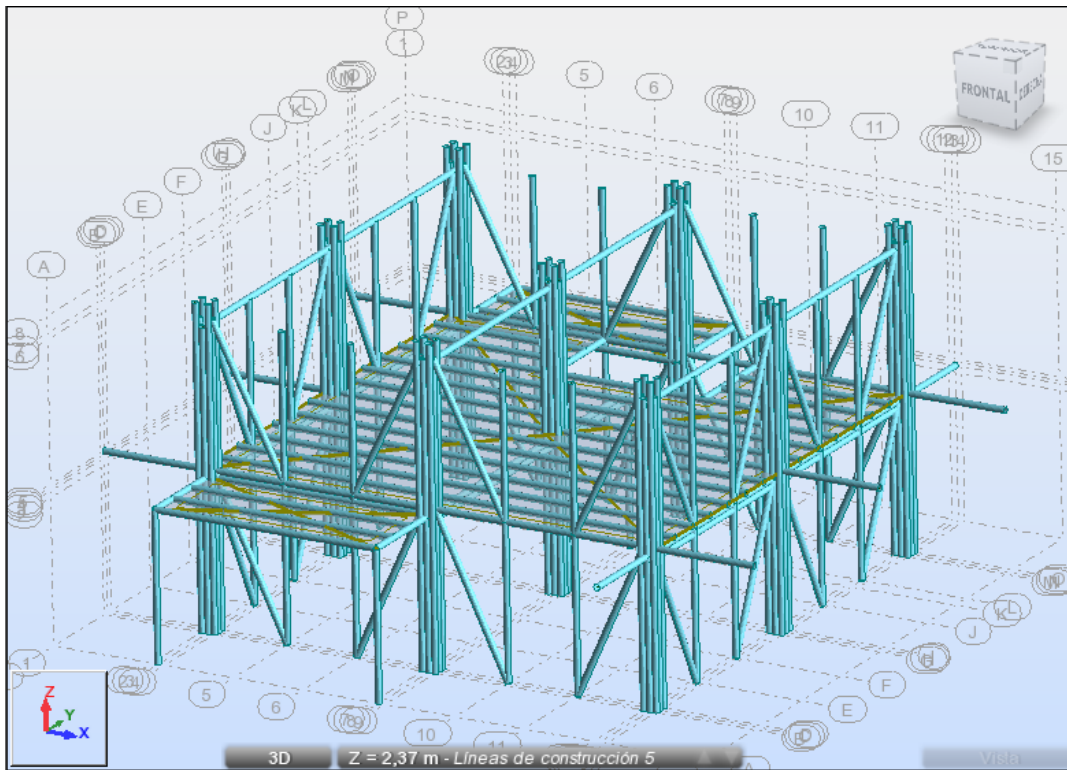


Ilustración 42: Disposición de elementos estructurales de la Vivienda de GaK.

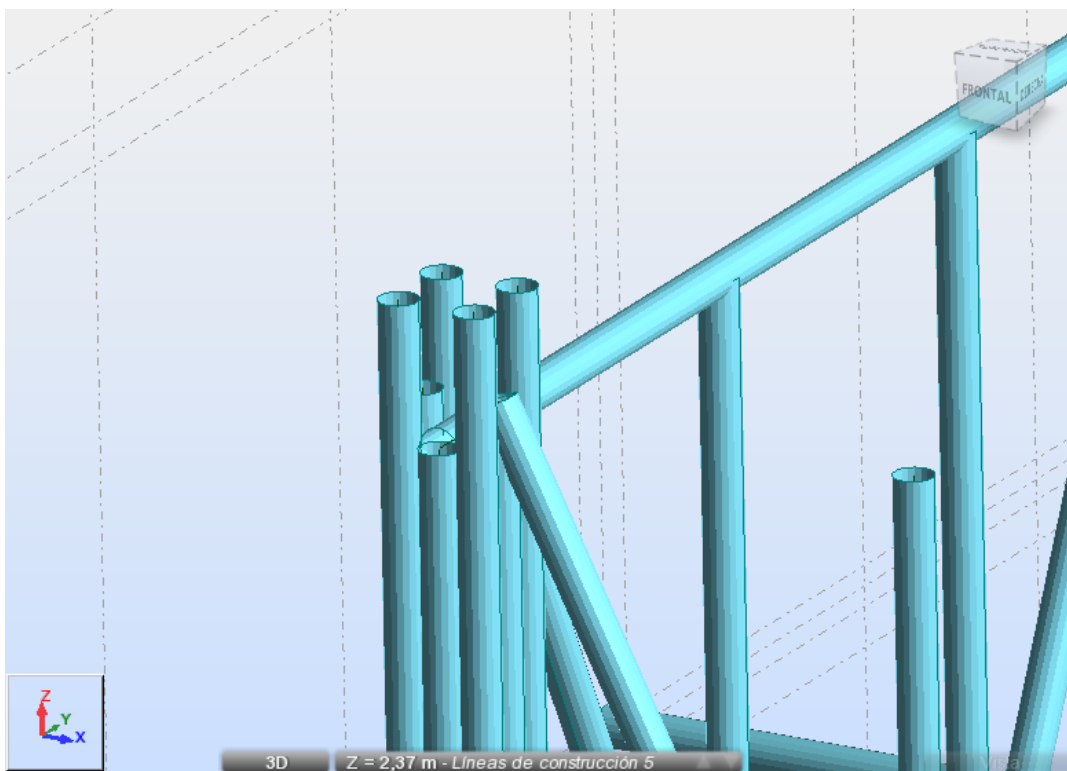


Ilustración 43: Conexión tipo primera planta.

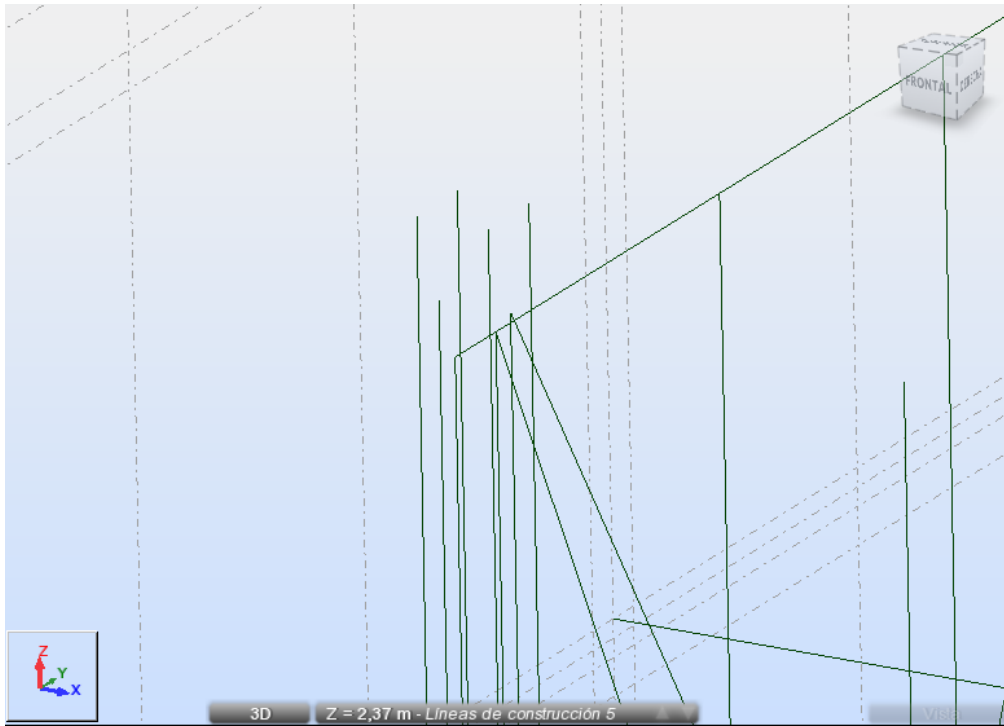


Ilustración 44: Vista alámbrica de la conexión tipo primera planta.

La conexión tal como está en la imagen no puede ser calculada, porque los nudos de los culmos no convergen en un solo punto. Será necesario hacerlos coincidir con el procedimiento que sigue a continuación:

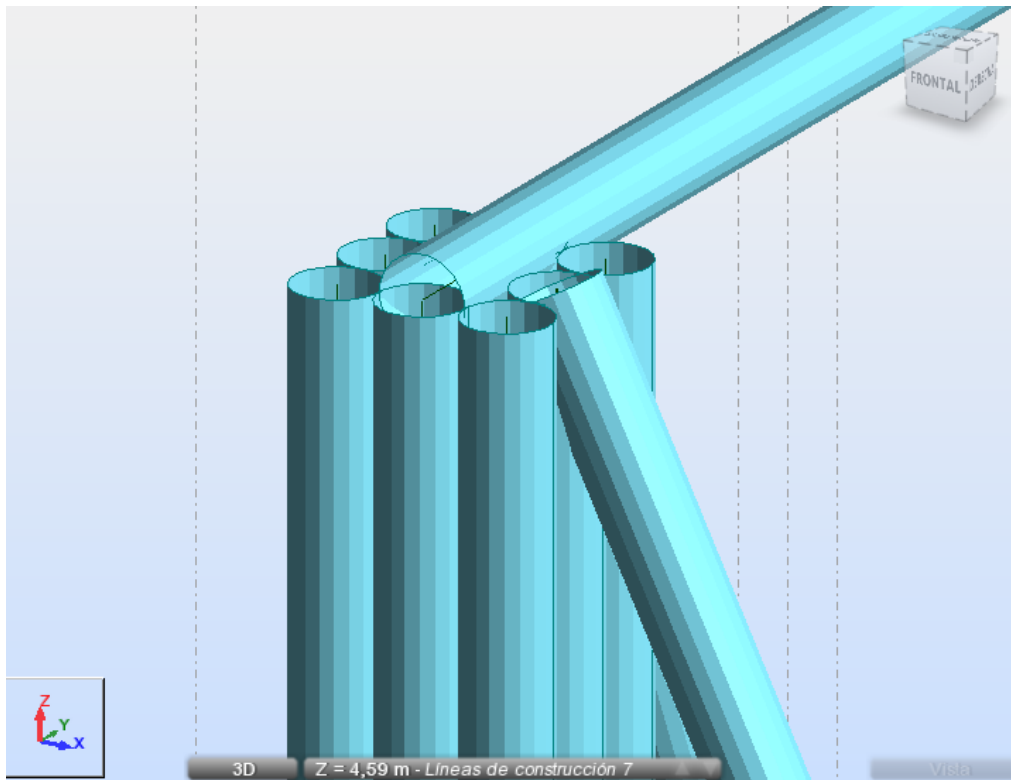


Ilustración 45: Nudos de conexiones dispuestos a una altura igual.

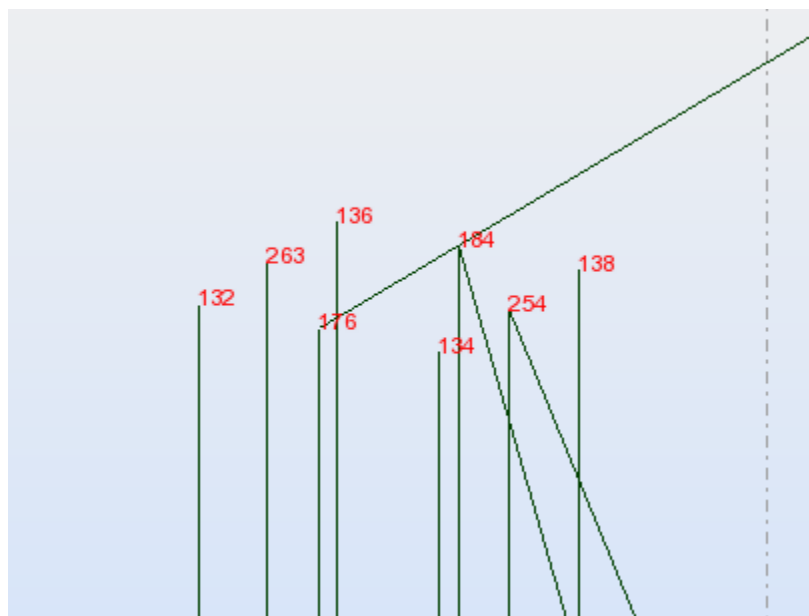


Ilustración 46: Vista alámbrica de los nodos igualados en altura.

Para realizar este procedimiento, se selecciona los nudos de interés y se ingresa la altura requerida en el eje de coordenadas z, como se muestra en la figura a continuación:

Nombre	Valor	Unid
Lista de nud...	132A138CA2 176...	
General		
Barras a...	69A72 94 1...	
Elemento...		
Geometría		
Coordena...	(Varios valor...	
X	(Varios valor...	(m)
Y	(Varios valor...	(m)
Z	4,64	(m)
Tipo de si...	cartesianas	
Características adicionales		
Apoyo...		
Uniones r...		
Compatibl...		

Barras adyacentes = 69A

Nudos

Ilustración 47: Ingreso de altura de nudos.

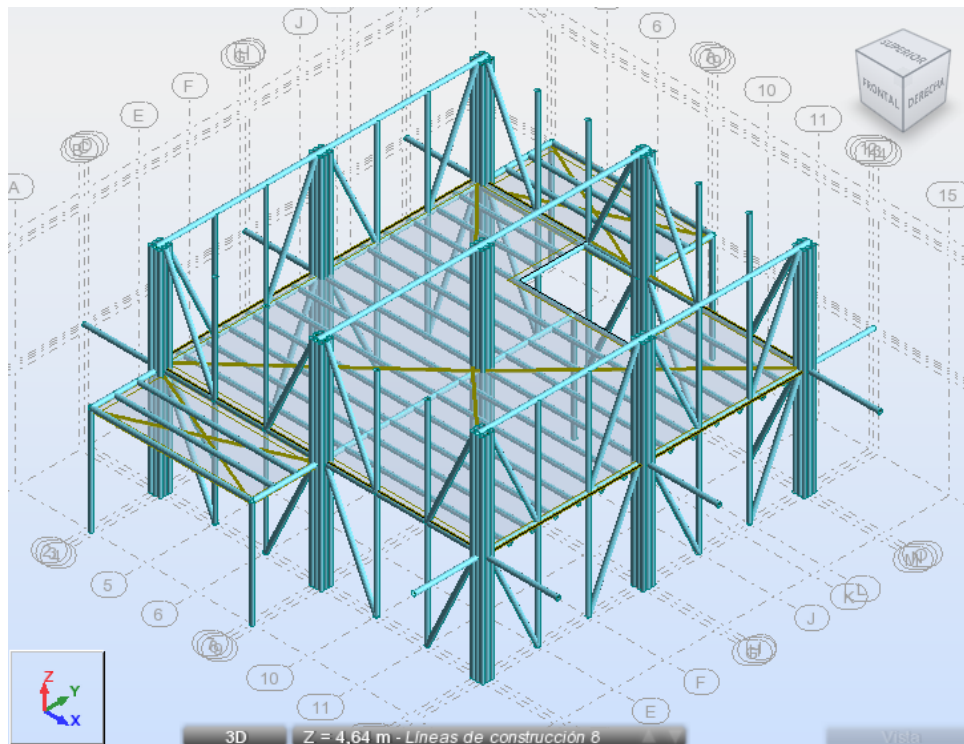


Ilustración 48: Estructura con nudos igualados en altura en las dos plantas.

Posterior a esto se procede a colocar la cubierta sobre la estructura, la que se añadirá al grupo de puntos para formar la conexión.

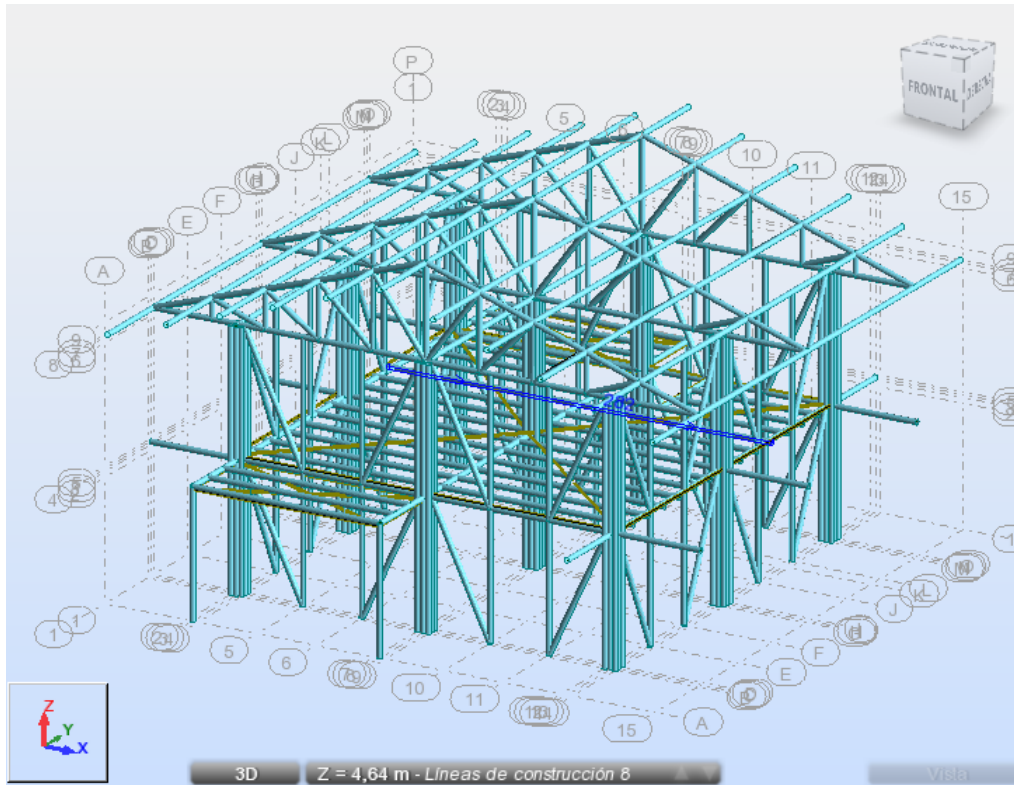


Ilustración 49: Estructura de la vivienda de GaK.

Luego de igualar los nodos a una misma altura, tanto en planta baja como en la primera planta, se procede a hacerlos converger en un solo punto a través de un campo de nodo máster o “master node field”, es proceso es detallado en siguientes figuras:

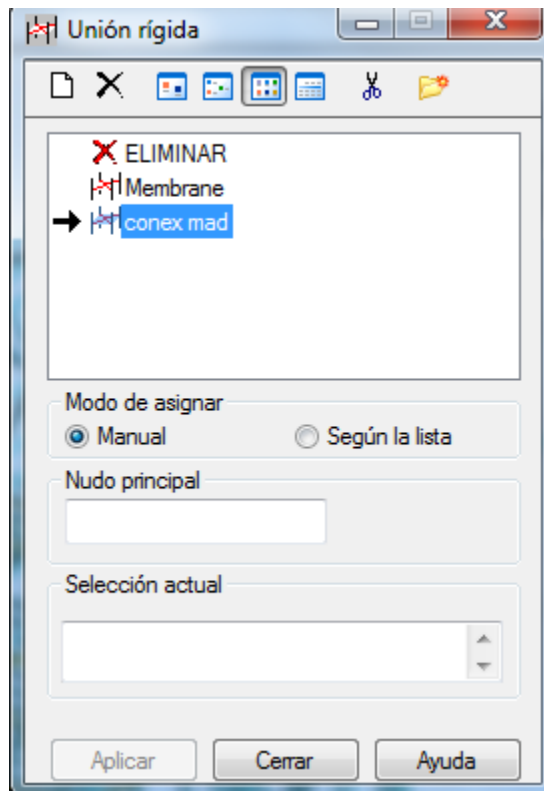


Ilustración 50: Creación de unión rígida.

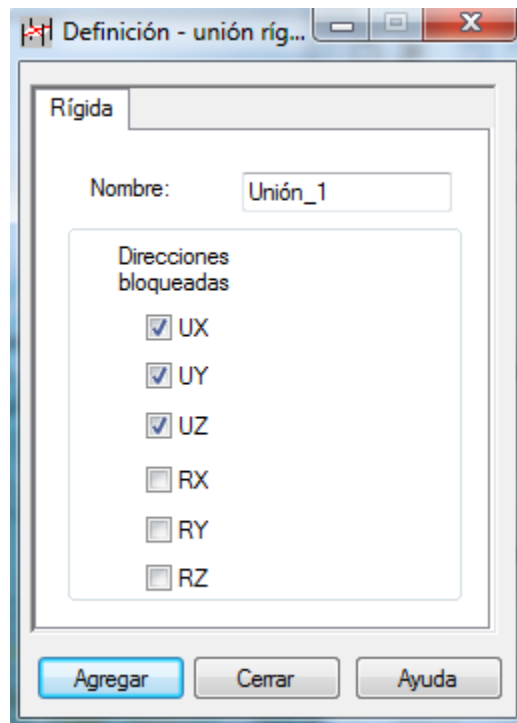


Ilustración 51: Restricción de movimiento para la unión rígida.

Para crear la unión rígida nos ubicamos en la vista en planta del piso que se requiera. A continuación, abrimos la unión rígida que creamos en los pasos anteriores y se procede a definir el nudo principal (800) y en selección actual ubicamos todos los puntos que formarán parte de la conexión (136, 184, 138, 263, 800, 254, 132, 176, 134), como se verá en la imagen:

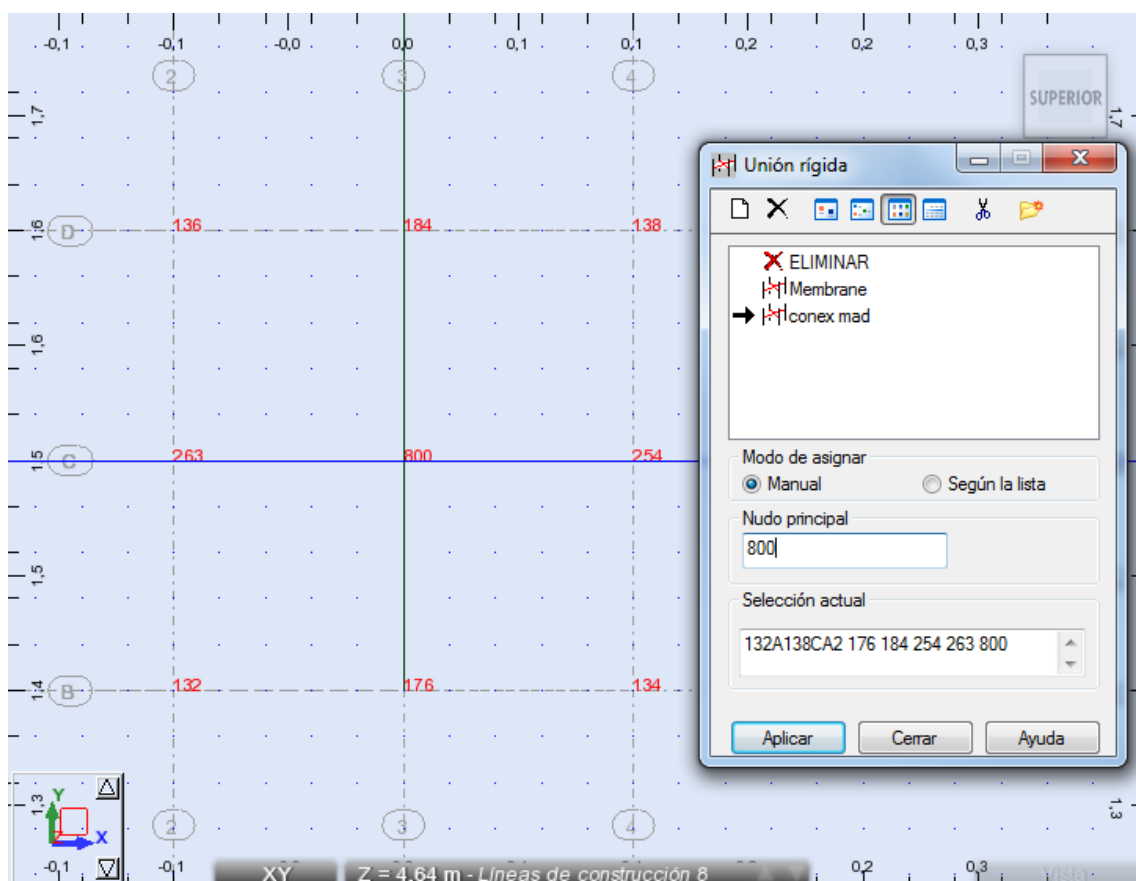


Ilustración 52: Creación de la unión rígida.

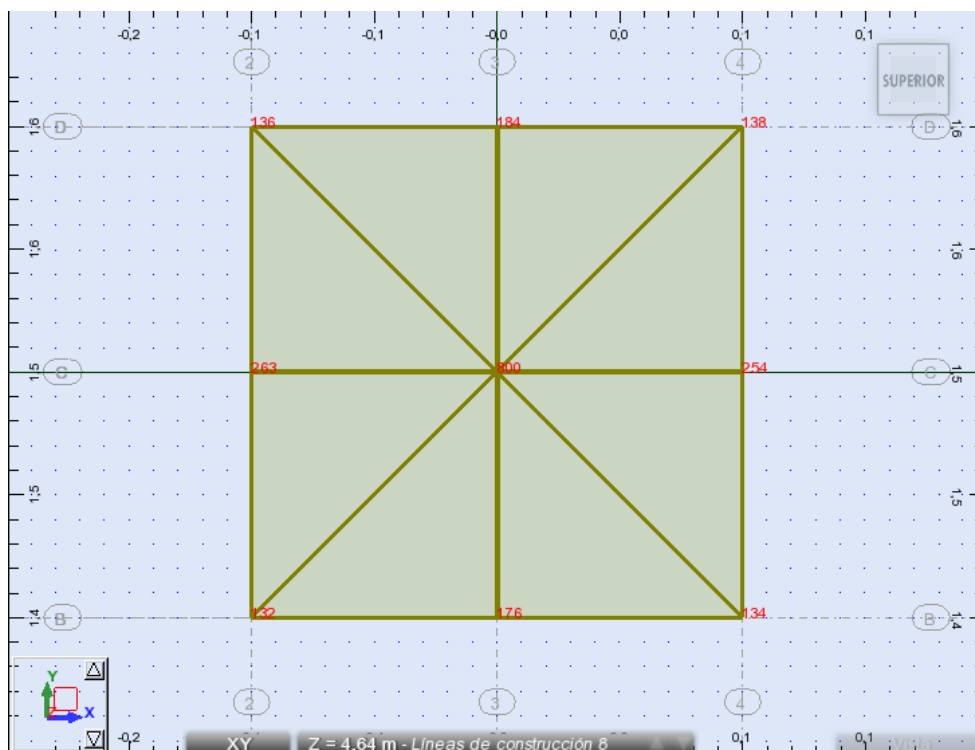


Ilustración 53: Unión Rígida creada.

Este procedimiento se deberá realizar para todas las conexiones donde los elementos de caña guadúa no converjan, y se desea generar una conexión articulada.

NOTA: Bajo ningún motivo en caña guadúa las conexiones podrán transferir momentos, a menos que el diseñador lo sustente con ensayos de laboratorio y cálculos de su diseño.

9.2.1. ANÁLISIS Y DISEÑO SÍSMICO ESTÁTICO

Como primer paso de diseño se procedió a realizar un análisis estático de sismo. El procedimiento es el mostrado a continuación:

Para aplicar las cargas laterales calculadas (cortante basal) en cada uno de los pisos de la estructura, primero se deberá determinar el centro de gravedad de cada una de las losas de planta:

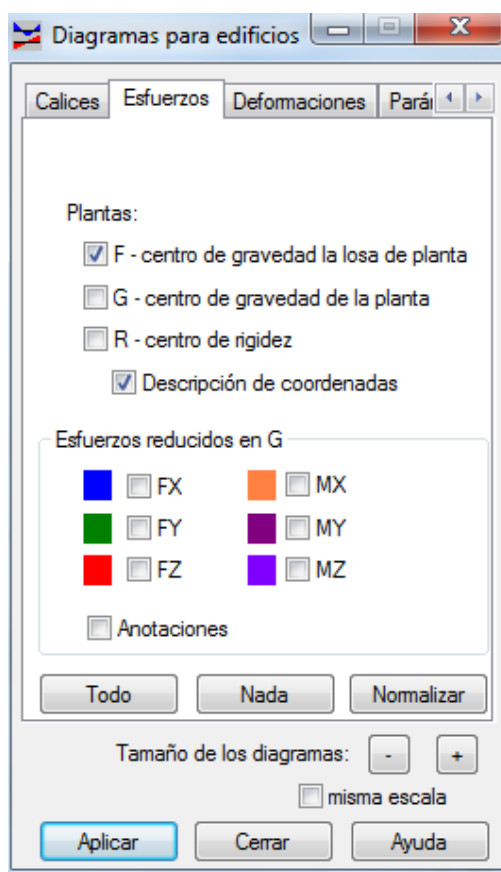


Ilustración 54: Diagramas para edificios

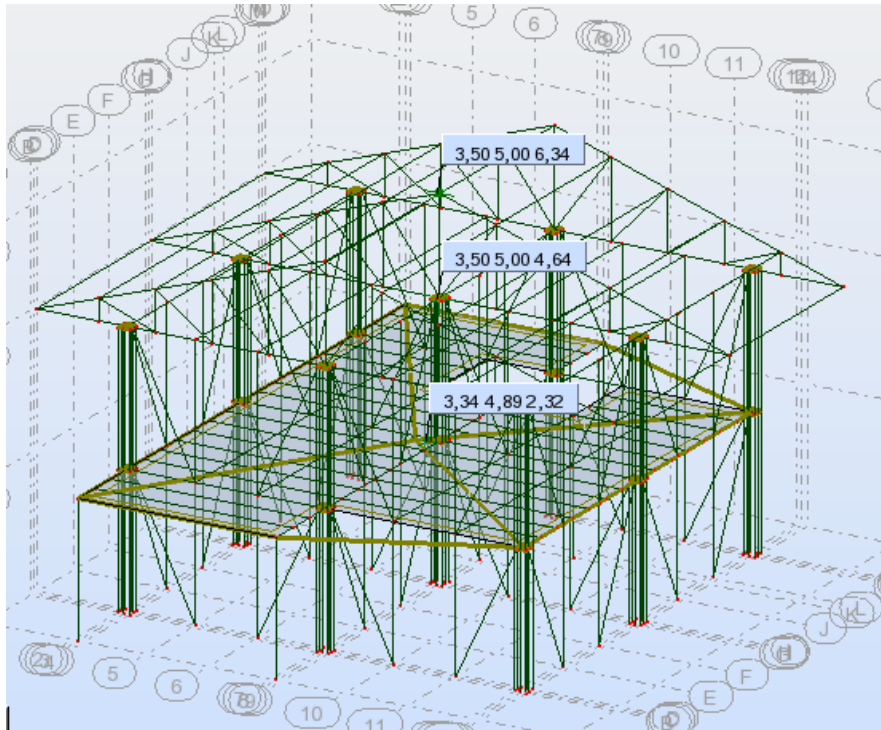


Ilustración 55: Coordenadas del centro de gravedad de cada losa de la estructura.

Luego de esto con una carga puntual se colocarán las magnitudes de cortante basal calculado por planta en las direcciones x y y .

Valores			
	F (kG)	M (T*m)	∠ (Deg)
X:	1910,23	0,00	0,0
Y:	0,00	0,00	0,0
Z:	0,00	0,00	0,0
Punto:	3,34; 4,89; 2,32		

Ilustración 56: Aplicación de cortante basal en el centro de gravedad de la losa de piso.

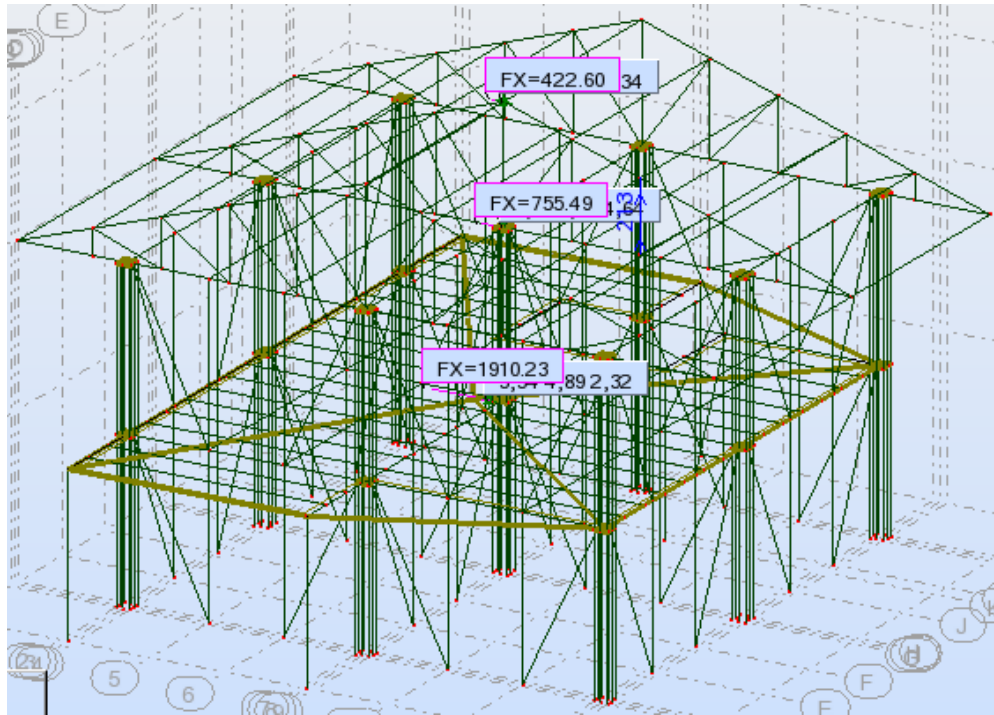


Ilustración 57: Aplicación de fuerzas basales (sentido x) en el centro de gravedad de las losas de la vivienda.

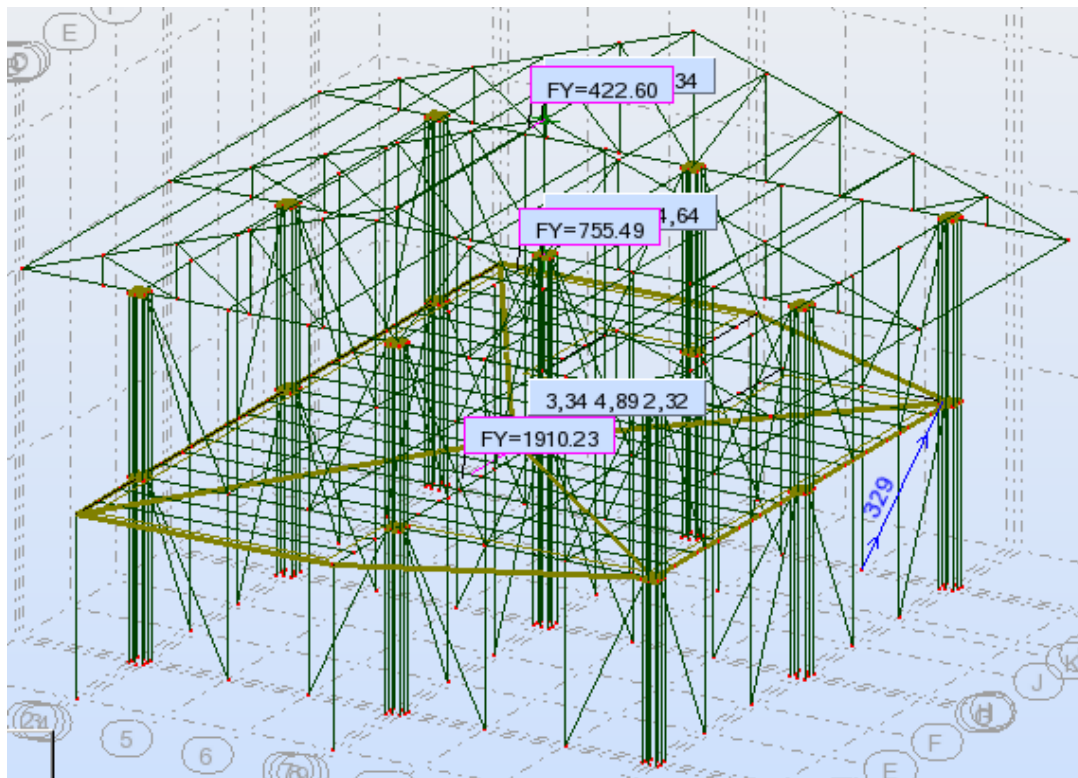


Ilustración 58: Aplicación de fuerzas basales (sentido y) en el centro de gravedad de las losas de la vivienda.

Luego de esto se procede a realizar el análisis sísmico de la estructura, para así obtener los resultados que se tabularan en el desarrollo de esta sección.

9.2.2. ANÁLISIS SÍSMICO DINÁMICO

A continuación de realizar el Análisis Sísmico Estático, se procede a retomar la configuración inicial del modelo solo con cargas gravitacionales, como se ve a continuación:

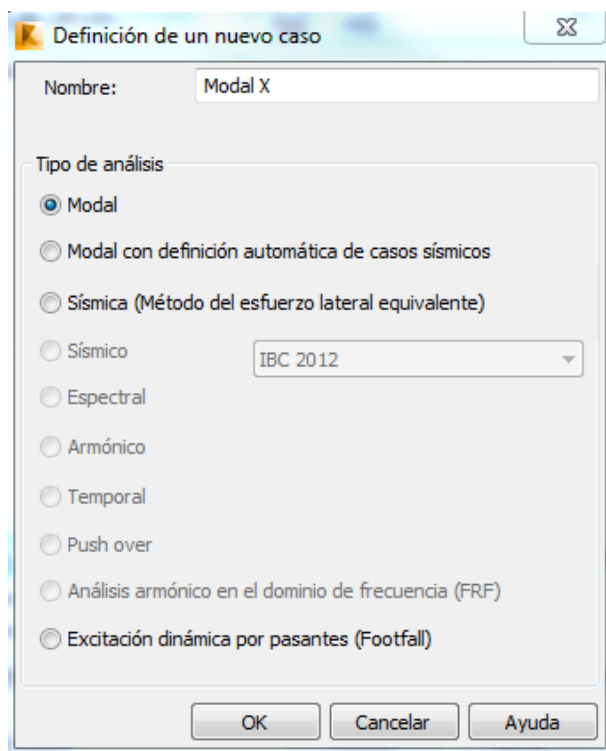


Ilustración 59: Creación de Análisis Modal.

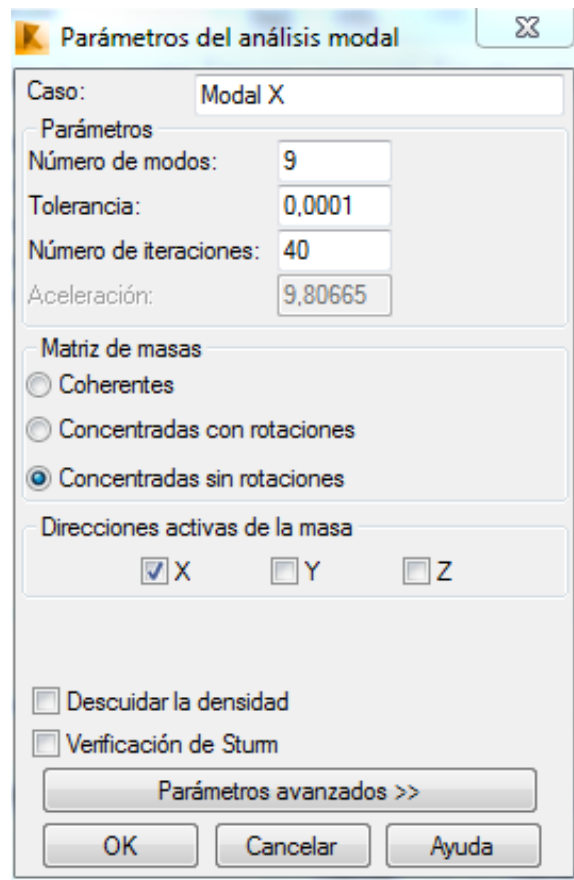


Ilustración 60: Parámetros del Análisis Modal (Modal X).

Se utilizarán 3 modos de vibración por cada planta de la estructura, es preferible no utilizar muchos modos de vibración (máximo 10), ya que un mayor número de modos no tendría participación determinante en el modelo.

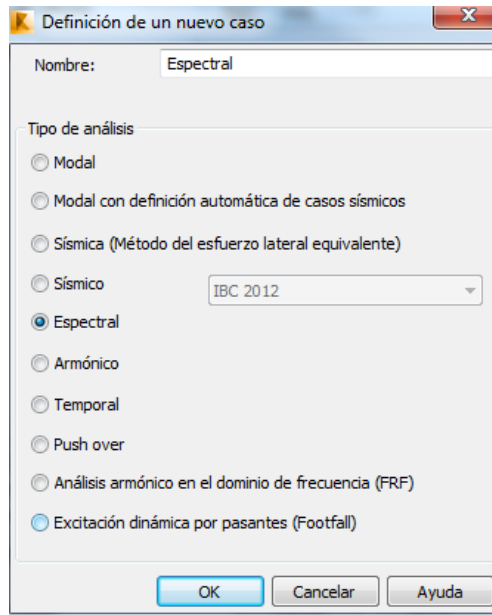


Ilustración 61: Definición de un nuevo caso (Espectral).

Dentro del modal se procede a crea un nuevo caso que será el espectral.

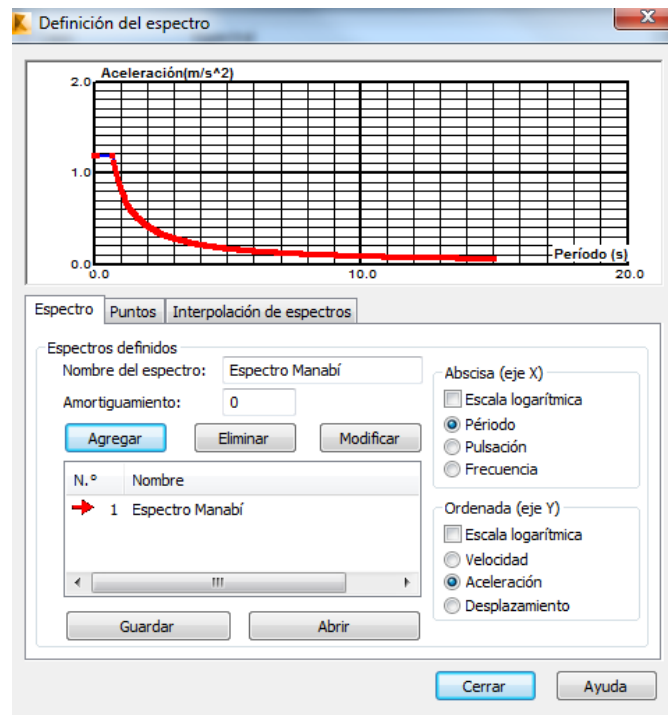


Ilustración 62: Definición de Espectro según la zona de implantación del proyecto.

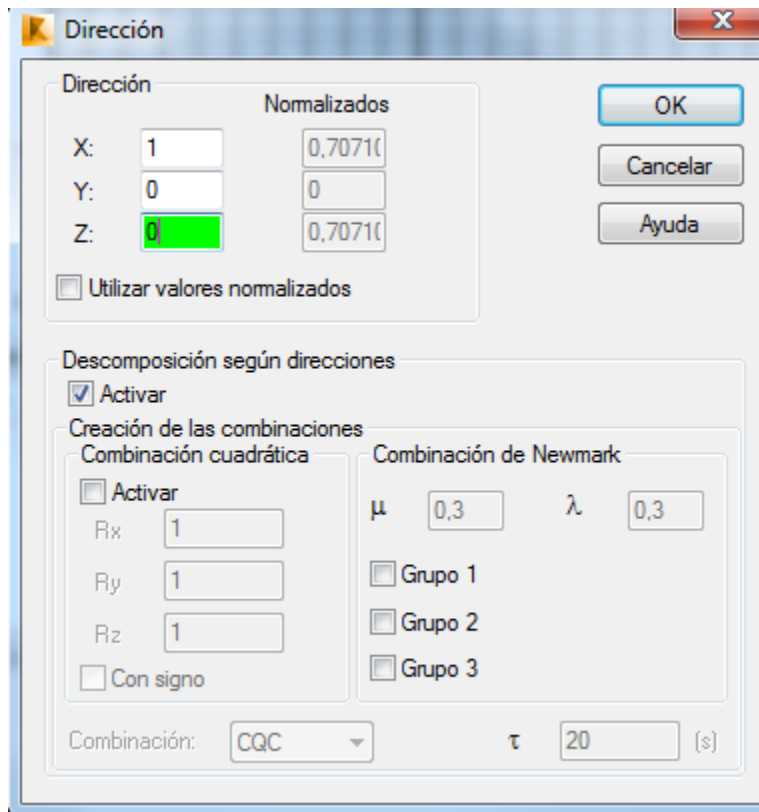


Ilustración 63: Dirección de la aplicación del espectro.

Realizar esta acción en las otras direcciones. Posteriormente se procede a la conversión de cargas a masas para que participen dentro del cálculo del sismo.



Ilustración 64: Conversión de carga muerta a masa en un 50%.

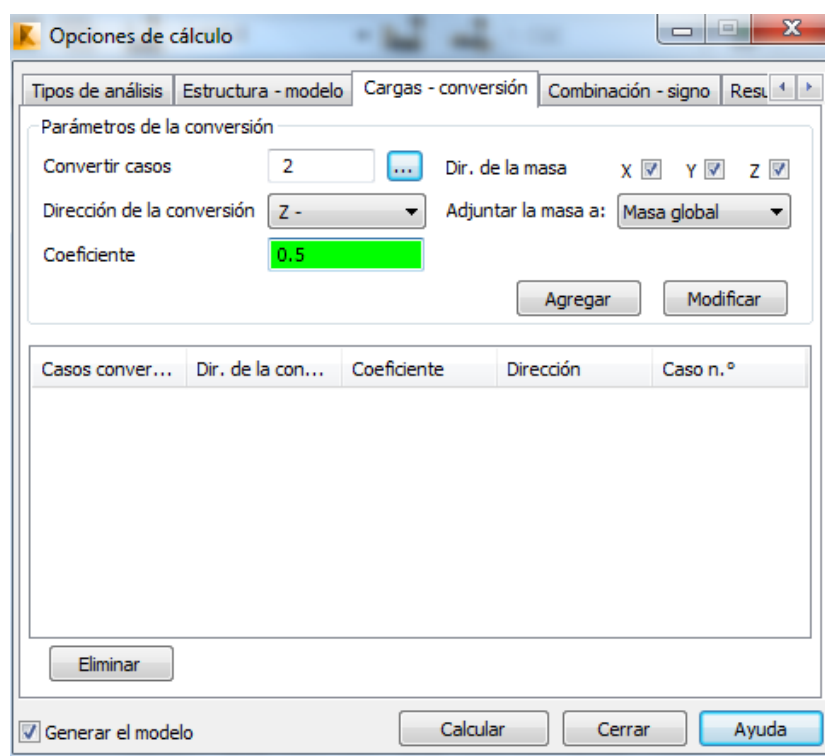


Ilustración 65: Conversión de cargas a masa.

Se realizará lo mismo para la carga viva, pero con un coeficiente de 0.25. Y se definirá la combinación – signo donde se escogió SRSS (Raíz cuadrática de la suma de los cuadrados).

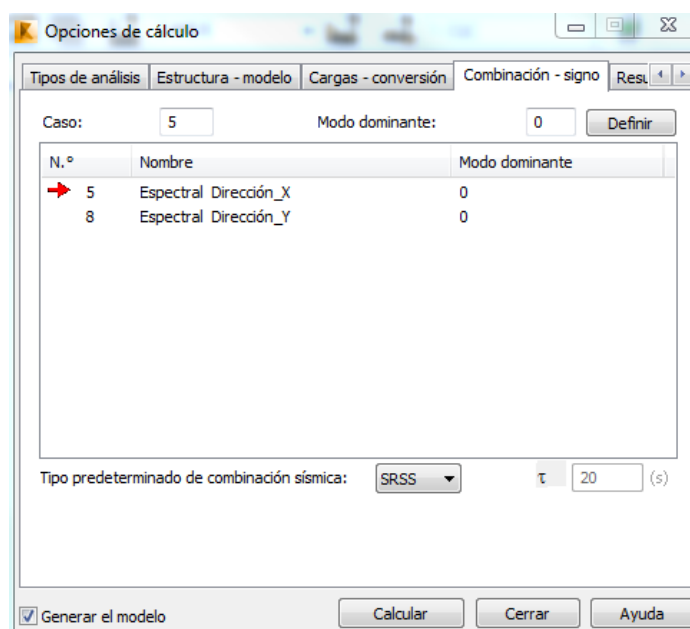


Ilustración 66: Combinación – Signo.

Se ha realizado ya el diseño completo tentativo de la estructura de guadua, en el cual se han ingresado la tabla de combinaciones de carga que propone la norma, y que se complementa con un análisis modal en dos direcciones, creado de forma manual con los siguientes parámetros.

IBC 2012 Parameters

Case: Seismic IBC 2012 Direction

☐ Auxiliary case

Site class

☐ A ☐ B ☐ C ☒ D ☐ E ☐ F

S1: 0,82 Fv: 1,5 SD1: 0,82

Ss: 2,04 Fa: 1 SDS: 1,36

TL: 2

R: 2

Ie: 1

Cd: 1,5

Eccentricity definition

Base shear

Direction definition

Filters

OK Cancel Help

Ilustración 67: Parámetros de sismo en x.

Base shear

☐ Inactive

☒ User value 8.71 (T)

☐ Automatic value

Fundamental period - Ta: 1 (s)

OK Cancel

Ilustración 68: Cortante Basal ingresado de forma manual.

Luego de correr el programa se observó que la estructura en general se comportaba de forma adecuada con desplazamientos máximos de hasta 2,54 cm que cumple con lo especificado en las normas de diseño sismo-resistente y que además evita que la guadua fleje demasiado por sus propiedades intrínsecas. Sin embargo, pese al buen comportamiento global de la estructura se pudo determinar que ciertos elementos se encontraban sometidos a grandes esfuerzos, motivo por el cual se decidió realizar un análisis de los elementos individualmente sustentado en las normas que se han descrito en esta tesis, para lo cual se tomó como base las fuerzas determinada por el programa y a través de una hoja programable de Excel compararlas con la utilidad que se estipulaba en las normas. Los esfuerzos tomados en cuenta para esta comparación son los combinados tanto de flexo-compresión como los de tensión-compresión y además se tomó en cuenta los esfuerzos de corte a los que se encontraba solicitada la estructura.

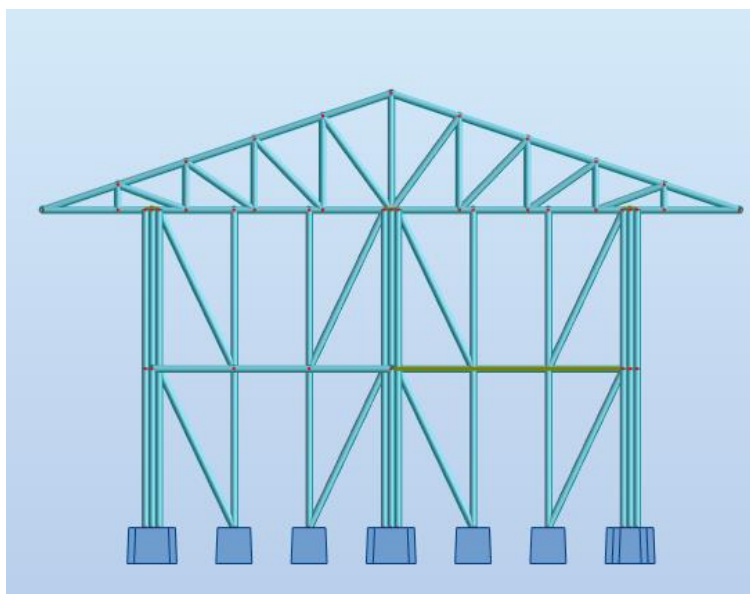


Ilustración 69: Diseño completo tentativo de caña guadua, se observan grandes esfuerzos en la cercha.

Los elementos que se encuentran solicitados a mayores esfuerzos son los que funcionan como barras en especial los que forman parte de la cubierta. Estos elementos por no encontrarse unidos a los apoyos que las columnas proporcionan, presentan grandes esfuerzos de momento y de corte, así que se tratará de implementar un diseño que no solicite en demasía a los elementos mencionados. Además, se procedió a aumentar el número de cerchas en la cubierta.

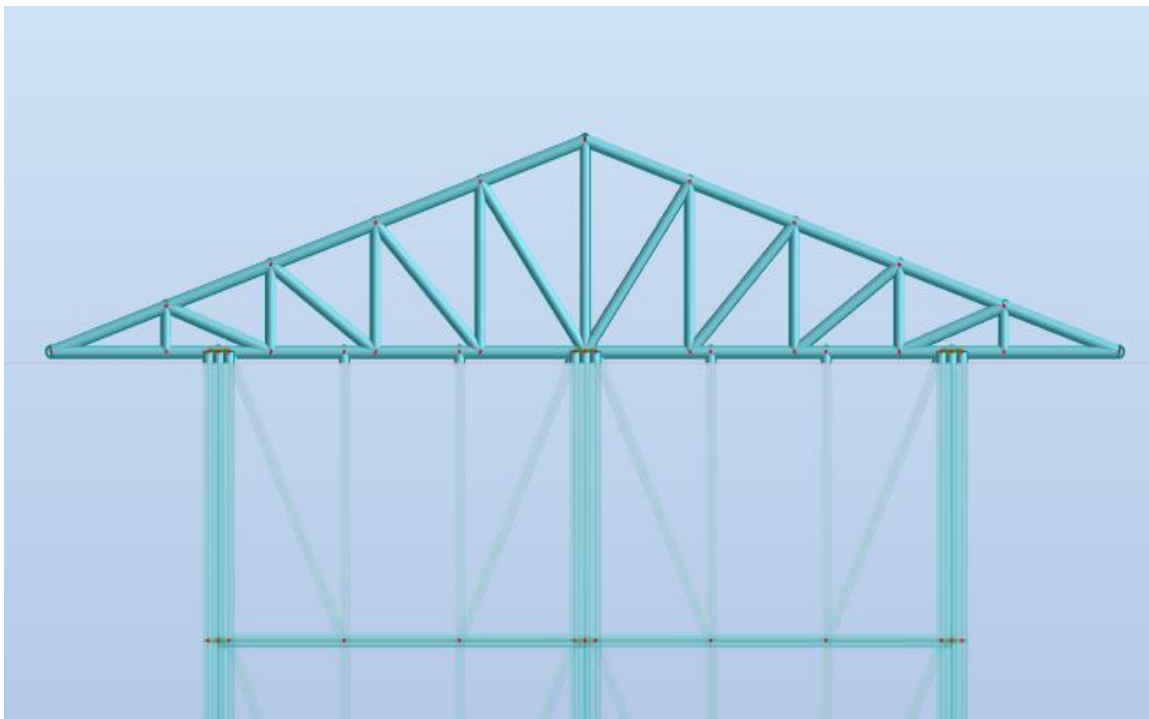


Ilustración 70: Diseño tentativo de la cercha de cubierta.

Finalmente, después de aplicar conceptos y optimizar el modelo, se obtiene el siguiente resultado.

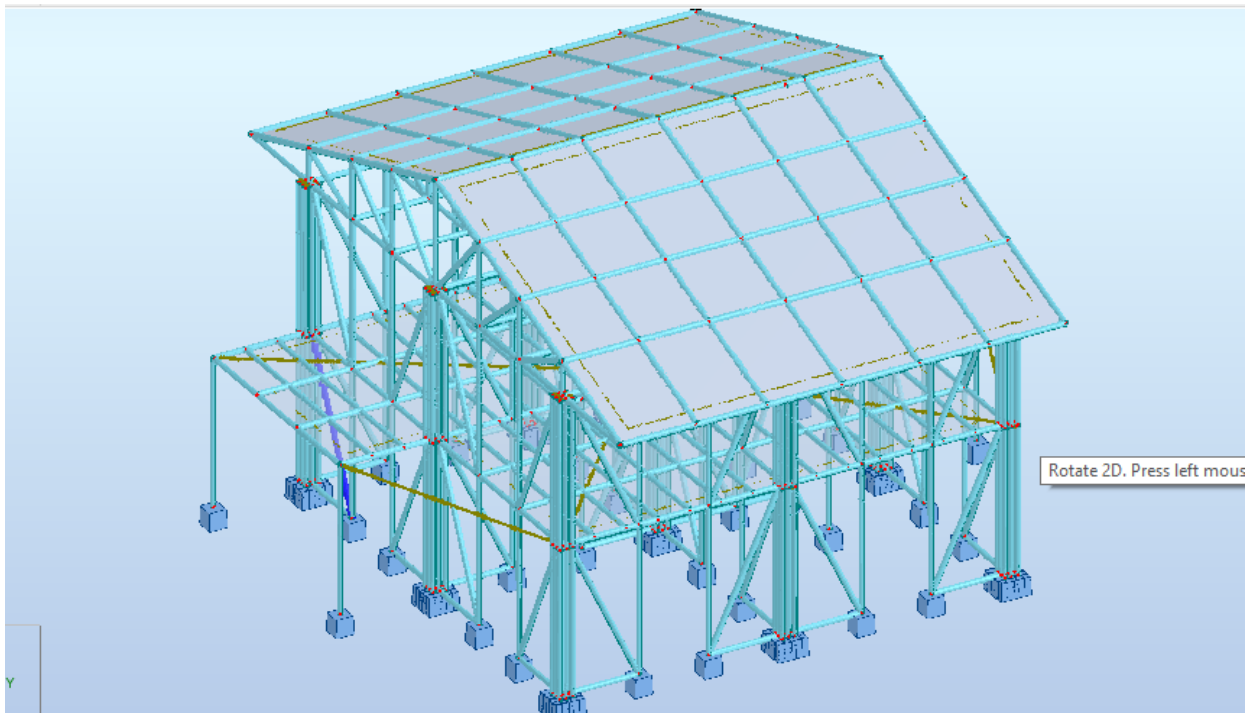


Ilustración 71: Modelo final para vivienda de GaK

A continuación, se mostrarán los resultados obtenidos en Autodesk Robot para cada uno de los elementos que forman la estructura, para así determinar la utilidad de cada uno de ellos y así poder modificar aquellos que no cumplen satisfactoriamente con los valores normados, cuyo objetivo es la optimización de secciones para el cumplimiento y adicionalmente la optimización de secciones poco solicitadas para disminuir el peso de la vivienda.

9.3. RESULTADOS PARA COLUMNAS

A continuación, se muestran los resultados para columnas, los mismos que serán utilizados en el siguiente capítulo para el diseño de elementos individuales, buscando optimizar las secciones.

Elemento	Tipo	Longitud	Compresión	Tensión	Corte y		Corte z		Momento		Corte max.	Momento máx.
			Fx máx.	Fx mín.	Fy máx.	Fy mín.	Fz máx.	Fz mín.	M máx.	M mín.		
6	Column_6	232	134.944	131.112	1.847	6.242	5.264	0.017	415.958	805.233	6.242	805.233
7	Column_7	232	147.601	193.520	4.212	12.841	10.050	0.033	1156.254	1175.381	12.841	1175.381
8	Column_8	232	182.496	255.929	1.827	6.166	5.264	0.017	415.958	805.233	6.166	805.233
9	Column_9	232	191.313	135.649	1.886	6.153	5.102	0.015	390.066	793.668	6.153	793.668
10	Column_10	232	185.204	260.467	3.130	10.513	11.058	0.040	1311.228	1254.249	11.058	1311.228
11	Column_11	232	247.681	140.185	1.847	6.242	5.246	0.016	411.306	805.668	6.242	805.668
12	Column_12	232	187.918	265.003	1.827	6.166	5.246	0.016	411.306	805.668	6.166	805.668
13	Column_13	232	215.384	202.594	3.310	12.465	9.240	0.030	1029.081	1114.555	12.465	1114.555
22	Column_22	232	186.111	21.203	1.464	4.778	5.220	0.016	411.373	799.565	5.220	799.565
23	Column_23	232	162.376	12.935	3.315	9.038	11.611	0.035	1399.913	1293.834	11.611	1399.913
24	Column_24	232	171.760	176.351	1.442	4.675	5.220	0.016	411.373	799.565	5.220	799.565
25	Column_25	232	160.778	22.505	2.450	7.451	13.061	0.038	1627.692	1402.453	13.061	1627.692
26	Column_26	232	146.611	167.114	2.435	7.380	13.070	0.040	1629.077	1403.146	13.070	1629.077
27	Column_27	232	168.956	23.806	1.464	4.778	5.028	0.016	388.835	777.755	5.028	777.755
28	Column_28	232	121.468	157.875	1.442	4.675	5.028	0.016	388.835	777.755	5.028	777.755
29	Column_29	232	102.837	38.025	1.445	4.650	4.464	0.014	301.542	734.108	4.650	734.108
30	Column_30	232	239.705	44.086	1.363	4.573	5.043	0.015	392.972	777.007	5.043	777.007
31	Column_31	232	166.783	30.236	1.366	4.585	5.043	0.015	392.972	777.007	5.043	777.007

32	Column_32	232	138.875	21.214	1.368	4.598	5.043	0.015	392.972	777.007	5.043	777.007
33	Column_33	232	221.589	31.222	2.206	8.026	11.139	0.031	1329.541	1254.749	11.139	1329.541
34	Column_34	232	190.174	21.170	1.422	4.468	4.923	0.016	368.038	773.998	4.923	773.998
35	Column_35	232	266.598	28.669	1.363	4.573	5.235	0.016	410.125	804.499	5.235	804.499
36	Column_36	232	241.472	21.196	1.368	4.598	5.235	0.016	410.125	804.499	5.235	804.499
37	Column_37	232	254.036	18.394	2.260	9.499	9.327	0.027	1042.971	1120.923	9.499	1120.923
43	Column_43	232	532.980	68.971	3.494	11.720	10.816	0.033	1252.543	1256.859	11.720	1256.859
44	Column_44	232	524.790	45.899	3.358	11.261	10.816	0.033	1252.536	1256.855	11.261	1256.855
45	Column_45	232	506.919	1.245	3.067	10.260	10.816	0.033	1252.537	1256.856	10.816	1256.856
46	Column_46	232	498.733	3.883	2.938	9.801	10.816	0.033	1252.542	1256.858	10.816	1256.858
240	Column_240	232	148.677	153.316	1.834	6.112	5.503	0.017	414.314	862.423	6.112	862.423
241	Column_241	232	168.472	162.424	4.559	13.808	9.997	0.032	1109.291	1209.911	13.808	1209.911
242	Column_242	232	199.710	203.105	1.818	6.062	5.503	0.017	414.314	862.423	6.062	862.423
243	Column_243	232	143.165	101.871	1.711	5.680	5.150	0.015	358.573	836.256	5.680	836.256
244	Column_244	232	205.640	234.522	3.497	11.676	12.066	0.041	1428.238	1371.089	12.066	1428.238
245	Column_245	232	160.022	133.287	1.834	6.112	5.533	0.017	416.651	866.999	6.112	866.999
246	Column_246	232	211.616	265.937	1.818	6.062	5.533	0.017	416.651	866.999	6.062	866.999
247	Column_247	232	180.377	199.612	3.756	13.986	10.021	0.032	1110.830	1214.088	13.986	1214.088
248	Column_248	232	157.201	260.635	1.897	6.222	6.284	0.019	496.743	961.118	6.284	961.118
249	Column_249	232	174.580	248.349	4.189	12.236	11.116	0.034	1244.095	1334.794	12.236	1334.794
250	Column_250	232	197.690	236.061	1.877	6.164	6.284	0.019	496.743	961.118	6.284	961.118

251	Column_251	232	144.096	207.049	1.804	6.159	6.150	0.017	474.634	952.215	6.159	952.215
252	Column_252	232	200.050	225.725	3.161	10.478	13.370	0.045	1591.345	1510.571	13.370	1591.345
253	Column_253	232	131.012	153.463	1.897	6.222	6.373	0.019	507.680	970.889	6.373	970.889
254	Column_254	232	202.417	246.288	1.877	6.164	6.373	0.019	507.680	970.889	6.373	970.889
255	Column_255	232	162.372	164.989	3.412	12.982	12.183	0.038	1406.233	1420.166	12.982	1420.166
258	Column_258	232	584.725	84.605	3.645	12.221	11.518	0.035	1333.952	1338.273	12.221	1338.273
259	Column_259	232	564.255	89.175	3.645	12.221	11.183	0.034	1295.015	1299.335	12.221	1299.335
260	Column_260	232	649.858	70.058	3.645	12.221	12.586	0.037	1457.846	1462.167	12.586	1462.167
261	Column_261	232	629.387	74.628	3.645	12.221	12.251	0.036	1418.907	1423.229	12.251	1423.229
266	Column_266	232	214.771	204.553	1.479	4.870	6.227	0.018	491.457	953.261	6.227	953.261
267	Column_267	232	204.067	208.728	3.609	10.577	12.298	0.035	1430.353	1422.709	12.298	1430.353
268	Column_268	232	193.541	212.901	1.467	4.833	6.227	0.018	491.457	953.261	6.227	953.261
269	Column_269	232	206.113	164.506	2.671	8.884	15.317	0.041	1896.006	1657.601	15.317	1896.006
270	Column_270	232	188.414	172.855	2.661	8.854	15.327	0.045	1897.481	1658.338	15.327	1897.481
271	Column_271	232	202.124	124.459	1.479	4.870	6.293	0.018	498.921	961.124	6.293	961.124
272	Column_272	232	189.094	157.743	1.467	4.833	6.293	0.018	498.921	961.124	6.293	961.124
273	Column_273	232	186.749	128.634	2.969	11.288	13.611	0.039	1630.764	1527.045	13.611	1630.764
274	Column_274	232	266.406	172.574	1.417	4.587	6.291	0.018	497.183	962.264	6.291	962.264
275	Column_275	232	179.896	185.482	3.624	9.327	11.149	0.031	1248.528	1337.936	11.149	1337.936
276	Column_276	232	156.982	198.388	1.410	4.558	6.291	0.018	497.183	962.264	6.291	962.264
277	Column_277	232	282.005	123.766	2.716	8.001	13.322	0.035	1589.716	1500.881	13.322	1589.716

278	Column_278	232	111.480	149.579	1.255	4.440	5.988	0.018	455.522	933.784	5.988	933.784
279	Column_279	232	297.600	74.957	1.417	4.587	6.113	0.017	479.821	938.283	6.113	938.283
280	Column_280	232	124.581	100.771	1.410	4.558	6.113	0.017	479.821	938.283	6.113	938.283
281	Column_281	232	211.091	87.864	1.413	4.572	6.113	0.017	479.821	938.283	6.113	938.283
282	Column_282	232	663.241	63.836	3.494	11.720	12.952	0.038	1500.329	1504.647	12.952	1504.647
283	Column_283	232	655.053	58.526	3.358	11.261	12.952	0.038	1500.323	1504.644	12.952	1504.644
284	Column_284	232	637.182	46.935	3.067	10.260	12.952	0.038	1500.324	1504.644	12.952	1504.644
285	Column_285	232	628.993	41.621	2.938	9.801	12.952	0.038	1500.328	1504.646	12.952	1504.646
289	Column_289	232	206.014	37.400	1.395	4.635	5.439	0.016	407.786	854.034	5.439	854.034
290	Column_290	232	196.180	60.578	3.882	11.848	11.076	0.033	1279.709	1289.996	11.848	1289.996
291	Column_291	232	206.122	147.308	1.385	4.601	5.439	0.016	407.786	854.034	5.439	854.034
292	Column_292	232	211.764	21.125	2.907	9.746	13.923	0.039	1718.836	1511.195	13.923	1718.836
293	Column_293	232	211.716	163.290	2.899	9.719	13.922	0.044	1718.756	1511.156	13.922	1718.756
294	Column_294	232	219.443	18.873	1.395	4.635	5.470	0.016	410.412	858.620	5.470	858.620
295	Column_295	232	219.082	179.272	1.385	4.601	5.470	0.016	410.412	858.620	5.470	858.620
296	Column_296	232	219.249	22.665	3.167	11.850	11.135	0.033	1286.533	1296.680	11.850	1296.680
297	Column_297	232	558.668	11.148	3.211	10.761	11.518	0.035	1333.960	1338.277	11.518	1338.277
298	Column_298	232	543.763	14.483	3.211	10.761	11.274	0.034	1305.627	1309.951	11.274	1309.951
299	Column_299	232	623.804	17.581	3.211	10.761	12.586	0.037	1457.845	1462.167	12.586	1462.167
300	Column_300	232	603.334	1.171	3.211	10.761	12.251	0.036	1418.906	1423.228	12.251	1423.228
303	Column_303	232	237.716	64.797	1.393	4.601	5.505	0.016	414.538	862.538	5.505	862.538

304	Column_304	232	171.564	75.295	3.543	10.526	9.995	0.028	1109.072	1209.805	10.526	1209.805
305	Column_305	232	132.023	85.793	1.387	4.578	5.505	0.016	414.538	862.538	5.505	862.538
306	Column_306	232	231.918	32.678	2.692	8.900	12.060	0.031	1427.257	1370.576	12.060	1427.257
307	Column_307	232	135.184	14.036	1.280	4.210	5.153	0.015	359.106	836.501	5.153	836.501
308	Column_308	232	226.118	31.861	1.393	4.601	5.531	0.016	416.316	866.785	5.531	866.785
309	Column_309	232	145.378	13.219	1.387	4.578	5.531	0.016	416.316	866.785	5.531	866.785
310	Column_310	232	172.124	22.540	2.852	10.636	10.018	0.028	1110.425	1213.839	10.636	1213.839
311	Column_311	232	532.619	8.779	2.800	9.301	11.518	0.035	1333.952	1338.273	11.518	1338.273
312	Column_312	232	512.149	8.135	2.800	9.301	11.183	0.034	1295.015	1299.335	11.183	1299.335
313	Column_313	232	597.752	10.829	2.800	9.301	12.586	0.037	1457.846	1462.167	12.586	1462.167
314	Column_314	232	577.281	10.185	2.800	9.301	12.251	0.036	1418.907	1423.229	12.251	1423.229
322	Column_322	232	598.114	54.418	3.494	11.720	11.884	0.035	1376.434	1380.752	11.884	1380.752
323	Column_323	232	589.927	31.359	3.358	11.261	11.884	0.035	1376.428	1380.749	11.884	1380.749
324	Column_324	232	572.062	2.683	3.067	10.260	11.884	0.035	1376.433	1380.751	11.884	1380.751
325	Column_325	232	563.873	5.932	2.938	9.801	11.884	0.035	1376.437	1380.754	11.884	1380.754
352	Column_352	232	513.979	100.390	3.645	12.221	10.359	0.032	1199.442	1203.761	12.221	1203.761
353	Column_353	232	487.926	26.940	3.211	10.761	10.359	0.032	1199.442	1203.761	10.761	1203.761
354	Column_354	232	674.008	96.637	3.211	10.761	13.410	0.039	1553.420	1557.743	13.410	1557.743
355	Column_355	232	700.061	113.539	3.645	12.221	13.410	0.039	1553.420	1557.743	13.410	1557.743
380	Column_380	232	534.834	1.509	3.067	10.260	11.274	0.034	1305.651	1309.963	11.274	1309.963
381	Column_381	232	552.700	39.656	3.358	11.262	11.274	0.034	1305.647	1309.961	11.274	1309.961

1261	Column_1261	232	65.792	57.943	2.132	0.623	0.580	0.018	415.958	134.477	2.132	415.958
1262	Column_1262	232	69.192	32.873	0.621	1.204	0.600	0.003	64.136	139.264	1.204	139.264
1263	Column_1263	232	72.610	7.804	2.096	0.614	0.580	0.018	415.958	134.477	2.096	415.958
1264	Column_1264	232	83.765	51.013	1.866	0.768	0.228	0.013	390.066	115.461	1.866	390.066
1265	Column_1265	232	87.962	4.968	0.381	1.782	4.408	0.022	508.667	513.899	4.408	513.899
1266	Column_1266	232	105.375	44.082	2.132	0.623	0.572	0.017	411.306	132.806	2.132	411.306
1267	Column_1267	232	109.572	5.200	2.096	0.614	0.572	0.017	411.306	132.806	2.096	411.306
1268	Column_1268	232	107.473	19.013	0.638	4.393	2.069	0.010	285.396	194.723	4.393	285.396
1269	Column_1269	232	103.284	59.119	1.368	0.435	0.559	0.017	411.373	129.656	1.368	411.373
1270	Column_1270	232	107.102	9.738	0.652	0.809	1.423	0.004	95.478	330.031	1.423	330.031
1271	Column_1271	232	110.920	9.369	1.325	0.427	0.559	0.017	411.373	129.656	1.325	411.373
1272	Column_1272	232	120.959	58.173	0.917	0.801	8.336	0.022	942.193	991.683	8.336	991.683
1273	Column_1273	232	128.595	6.866	0.918	0.960	8.349	0.025	943.539	993.396	8.349	993.396
1274	Column_1274	232	138.634	57.226	1.368	0.435	0.527	0.016	388.835	122.368	1.368	388.835
1275	Column_1275	232	146.269	6.999	1.325	0.427	0.527	0.016	388.835	122.368	1.325	388.835
1276	Column_1276	232	142.452	3.776	1.117	0.473	0.144	0.003	305.526	97.414	1.117	305.526
1277	Column_1277	232	86.706	17.057	1.525	0.447	0.519	0.017	392.972	120.509	1.525	392.972
1278	Column_1278	232	81.754	4.496	1.534	0.449	0.519	0.017	392.972	120.509	1.534	392.972
1279	Column_1279	232	76.824	6.019	1.543	0.451	0.519	0.017	392.972	120.509	1.543	392.972
1280	Column_1280	232	89.089	14.091	0.390	1.797	4.901	0.009	561.798	575.345	4.901	575.345
1281	Column_1281	232	78.386	6.437	1.154	0.805	0.511	0.011	368.038	122.059	1.154	368.038

1282	Column_1282	232	94.346	11.121	1.525	0.447	0.544	0.017	410.125	126.284	1.525	410.125
1283	Column_1283	232	82.879	6.855	1.543	0.451	0.544	0.017	410.125	126.284	1.543	410.125
1284	Column_1284	232	88.487	4.938	1.002	3.859	2.269	0.004	307.879	218.450	3.859	307.879
1285	Column_1285	232	13.310	68.277	1.365	4.854	2.009	0.008	219.017	247.134	4.854	247.134
1286	Column_1286	232	1.784	72.900	1.759	6.041	1.820	0.004	189.588	232.673	6.041	232.673
1287	Column_1287	232	17.402	74.544	1.647	5.691	1.847	0.007	193.912	234.598	5.691	234.598
1288	Column_1288	232	39.555	69.637	1.233	4.419	2.014	0.005	220.133	247.203	4.419	247.203
1293	Column_1293	232	137.052	64.587	2.073	0.621	0.568	0.018	414.314	131.823	2.073	414.314
1294	Column_1294	232	132.958	42.720	2.673	7.328	3.140	0.012	414.316	314.076	7.328	414.316
1295	Column_1295	232	128.865	20.853	2.053	0.615	0.568	0.018	414.314	131.823	2.053	414.314
1296	Column_1296	232	137.257	52.940	0.776	0.279	0.317	0.007	358.573	109.863	0.776	358.573
1297	Column_1297	232	129.071	9.206	1.239	4.180	5.960	0.025	692.446	690.306	5.960	692.446
1298	Column_1298	232	137.462	53.032	2.073	0.621	0.570	0.018	416.651	132.307	2.073	416.651
1299	Column_1299	232	129.276	43.212	2.053	0.615	0.570	0.018	416.651	132.307	2.053	416.651
1300	Column_1300	232	133.369	48.123	1.729	7.528	3.112	0.012	412.006	309.986	7.528	412.006
1301	Column_1301	232	117.438	49.920	2.119	0.654	0.655	0.021	496.743	151.911	2.119	496.743
1302	Column_1302	232	124.949	18.837	2.315	4.047	2.511	0.011	345.854	236.698	4.047	345.854
1303	Column_1303	232	132.460	3.927	2.094	0.645	0.655	0.021	496.743	151.911	2.094	496.743
1304	Column_1304	232	90.518	46.890	1.930	0.381	0.251	0.016	474.634	131.999	1.930	474.634
1305	Column_1305	232	105.539	26.557	0.691	1.664	5.325	0.026	613.804	621.541	5.325	621.541
1306	Column_1306	232	66.647	54.625	2.119	0.654	0.667	0.021	507.680	154.789	2.119	507.680

1307	Column_1307	232	81.117	51.596	2.094	0.645	0.667	0.021	507.680	154.789	2.094	507.680
1308	Column_1308	232	73.688	53.111	0.221	1.288	0.717	0.003	69.559	166.235	1.288	166.235
1309	Column_1309	232	320.215	18.257	0.677	1.303	5.806	0.016	650.416	696.564	5.806	696.564
1310	Column_1310	232	348.358	17.897	0.413	1.522	5.543	0.015	621.169	664.779	5.543	664.779
1311	Column_1311	232	350.850	16.025	0.470	1.554	5.933	0.016	665.475	710.865	5.933	710.865
1312	Column_1312	232	329.167	22.943	0.179	1.379	6.068	0.016	679.524	728.197	6.068	728.197
1317	Column_1317	232	169.760	55.703	1.457	0.450	0.629	0.021	491.457	145.888	1.457	491.457
1318	Column_1318	232	173.571	46.367	2.735	6.508	4.881	0.013	613.166	519.299	6.508	613.166
1319	Column_1319	232	177.383	46.043	1.446	0.446	0.629	0.021	491.457	145.888	1.446	491.457
1320	Column_1320	232	148.158	56.300	1.351	3.688	8.846	0.022	997.841	1054.345	8.846	1054.345
1321	Column_1321	232	155.782	40.883	1.365	3.727	8.861	0.027	999.446	1056.253	8.861	1056.253
1322	Column_1322	232	126.557	56.896	1.457	0.450	0.638	0.021	498.921	147.937	1.457	498.921
1323	Column_1323	232	134.180	35.724	1.446	0.446	0.638	0.021	498.921	147.937	1.446	498.921
1324	Column_1324	232	130.368	36.048	0.337	1.767	1.508	0.004	96.577	349.962	1.767	349.962
1325	Column_1325	232	113.999	13.560	1.528	0.479	0.620	0.021	497.183	143.896	1.528	497.183
1326	Column_1326	232	102.753	5.780	3.125	3.629	2.530	0.004	347.144	239.898	3.629	347.144
1327	Column_1327	232	92.370	8.391	1.525	0.478	0.620	0.021	497.183	143.896	1.525	497.183
1328	Column_1328	232	107.294	19.459	1.438	1.673	5.594	0.009	640.280	657.549	5.594	657.549
1329	Column_1329	232	85.664	20.432	1.173	0.357	0.653	0.014	455.522	143.057	1.173	455.522
1330	Column_1330	232	100.588	43.492	1.528	0.479	0.595	0.020	479.821	138.061	1.528	479.821
1331	Column_1331	232	79.708	44.466	1.525	0.478	0.595	0.020	479.821	138.061	1.525	479.821

1332	Column_1332	232	89.342	43.979	1.527	0.478	0.595	0.020	479.821	138.061	1.527	479.821
1333	Column_1333	232	10.073	111.787	1.611	4.896	2.209	0.008	241.825	270.680	4.896	270.680
1334	Column_1334	232	15.707	117.253	2.034	6.282	2.013	0.004	211.317	255.760	6.282	255.760
1335	Column_1335	232	26.381	115.349	1.918	5.796	2.044	0.008	215.604	258.685	5.796	258.685
1336	Column_1336	232	51.469	107.901	1.487	4.389	2.203	0.005	240.174	270.935	4.389	270.935
1340	Column_1340	232	187.313	60.589	1.324	0.404	0.539	0.017	407.786	124.937	1.324	407.786
1341	Column_1341	232	186.311	14.901	3.093	9.334	6.013	0.018	765.849	629.081	9.334	765.849
1342	Column_1342	232	185.309	5.355	1.315	0.401	0.539	0.017	407.786	124.937	1.315	407.786
1343	Column_1343	232	194.911	54.611	1.628	5.667	9.436	0.025	1077.233	1111.821	9.436	1111.821
1344	Column_1344	232	192.906	14.208	1.638	5.700	9.432	0.031	1076.739	1111.513	9.432	1111.513
1345	Column_1345	232	202.508	48.631	1.324	0.404	0.541	0.017	410.412	125.588	1.324	410.412
1346	Column_1346	232	200.504	23.061	1.315	0.401	0.541	0.017	410.412	125.588	1.315	410.412
1347	Column_1347	232	201.506	23.114	2.224	9.160	5.460	0.016	680.081	586.719	9.160	680.081
1349	Column_1349	232	213.031	16.783	2.160	6.761	5.383	0.016	584.724	664.173	6.761	664.173
1350	Column_1350	232	224.976	10.913	1.452	4.292	6.294	0.019	719.868	740.303	6.294	740.303
1351	Column_1351	232	254.915	8.978	1.278	4.564	6.322	0.019	717.077	749.650	6.322	749.650
1354	Column_1354	232	120.605	13.585	1.540	0.465	0.527	0.018	414.538	122.322	1.540	414.538
1355	Column_1355	232	125.677	9.237	2.193	5.857	3.124	0.007	412.229	312.477	5.857	412.229
1356	Column_1356	232	130.750	7.014	1.537	0.464	0.527	0.018	414.538	122.322	1.537	414.538
1357	Column_1357	232	120.796	13.463	1.010	3.342	5.939	0.011	689.563	688.227	5.939	689.563
1358	Column_1358	232	130.942	7.220	0.435	0.183	0.351	0.007	359.106	111.478	0.435	359.106

1359	Column_1359	232	120.988	24.053	1.540	0.465	0.529	0.018	416.316	122.756	1.540	416.316
1360	Column_1360	232	131.133	21.638	1.537	0.464	0.529	0.018	416.316	122.756	1.537	416.316
1361	Column_1361	232	126.061	22.846	1.370	5.977	3.103	0.007	410.358	309.445	5.977	410.358
1362	Column_1362	232	331.944	3.570	0.599	1.080	5.781	0.022	646.900	694.319	5.781	694.319
1363	Column_1363	232	362.925	2.652	0.340	1.247	5.557	0.020	623.138	666.047	5.557	666.047
1364	Column_1364	232	356.774	11.748	0.405	1.253	5.938	0.022	666.125	711.554	5.938	711.554
1365	Column_1365	232	343.152	4.633	0.165	1.117	6.069	0.022	679.513	728.447	6.069	728.447
1369	Column_1369	232	6.884	48.856	1.674	5.489	3.381	0.011	375.449	408.961	5.489	408.961
1372	Column_1372	232	23.890	37.084	2.062	6.756	3.177	0.008	343.837	393.254	6.756	393.254
1373	Column_1373	232	30.265	35.929	1.923	6.245	3.159	0.011	341.056	391.733	6.245	391.733
1374	Column_1374	232	47.731	40.788	1.514	4.901	3.365	0.009	373.091	407.678	4.901	407.678
1561	Column_1561	232	161.495	194.762	4.109	13.555	14.481	0.046	1763.122	1596.459	14.481	1763.122
1562	Column_1562	232	98.028	28.071	2.000	5.635	6.822	0.027	759.501	823.221	6.822	823.221
1563	Column_1563	232	195.391	168.680	3.553	11.759	16.906	0.048	2141.673	1780.434	16.906	2141.673
1564	Column_1564	232	151.970	41.207	2.796	8.146	11.109	0.031	1225.020	1352.185	11.109	1352.185
1565	Column_1565	232	195.494	136.673	3.692	10.423	14.466	0.039	1766.735	1589.390	14.466	1766.735
1566	Column_1566	232	96.048	19.945	2.932	4.958	7.137	0.015	790.466	865.406	7.137	865.406
1567	Column_1567	232	174.391	168.196	4.742	15.843	13.085	0.042	1585.872	1449.906	15.843	1585.872
1568	Column_1568	232	133.164	31.073	2.941	9.905	7.391	0.027	834.963	879.791	9.905	879.791
1569	Column_1569	232	202.613	9.966	4.001	13.474	15.389	0.046	1945.643	1624.599	15.389	1945.643
1570	Column_1570	232	193.909	14.261	3.260	11.374	11.605	0.035	1299.298	1392.958	11.605	1392.958

1571	Column_1571	232	165.898	23.357	3.651	12.072	13.080	0.036	1585.119	1449.508	13.080	1585.119
1572	Column_1572	232	125.869	9.115	2.360	7.828	7.371	0.017	832.090	877.888	7.828	877.888
1573	Column_1573	232	159.014	198.057	4.039	13.627	11.976	0.041	1453.145	1325.207	13.627	1453.145
1574	Column_1574	232	85.863	25.943	1.480	5.828	5.646	0.024	629.221	680.613	5.828	680.613
1575	Column_1575	232	131.756	3.698	3.093	9.090	14.480	0.044	1847.220	1512.218	14.480	1847.220
1576	Column_1576	232	124.777	4.723	1.401	3.140	10.397	0.030	1151.322	1260.894	10.397	1260.894
1577	Column_1577	232	202.737	20.947	2.770	10.499	12.105	0.035	1478.942	1329.450	12.105	1478.942
1578	Column_1578	232	83.230	4.292	1.068	5.097	6.216	0.014	690.462	751.728	6.216	751.728

Tabla 29: Resultados para columnas

9.4. RESULTADOS PARA VIGAS

Correr los cálculos para las vigas de los pórticos gravitacionales, escoger las combinaciones de carga, los resultados serán utilizados en el siguiente capítulo para el diseño de elementos individuales.

Elemento	Tipo	Longitud	Compresión	Tensión	Corte y		Corte z		Momento		Corte max.	Momento máx.
			Fx máx.	Fx mín.	Fy máx.	Fy mín.	Fz máx	Fz mín.	M máx.	M mín.		
356	Beam_356	1000	835.895	835.895	304.869	280.010	1095.041	5.950	6661.815	7300.257	1095.041	7300.257
358	Beam_358	700	636.429	636.429	234.919	234.433	832.330	5.042	5154.143	5548.854	832.330	5548.854
359	Beam_359	700	667.997	667.995	94.849	98.018	310.090	7.492	5093.140	5060.988	310.090	5093.140
362	Beam_362	700	0.001	0.001	0.000	0.000	99.458	1.073	1044.371	2138.436	99.458	2138.436
363	Beam_363	700	0.000	0.000	0.000	0.000	99.459	1.073	1044.371	2138.436	99.459	2138.436
364	Beam_364	700	0.001	0.001	0.000	0.000	99.459	1.073	1044.368	2138.423	99.459	2138.423
365	Beam_365	700	0.008	0.008	0.000	0.000	96.752	1.072	1028.972	2121.965	96.752	2121.965
366	Beam_366	700	648.557	648.557	34.485	34.225	398.712	7.743	5261.990	5263.839	398.712	5263.839
367	Beam_367	700	0.008	0.008	0.000	0.000	96.751	1.072	1028.912	2121.909	96.751	2121.909
368	Beam_368	700	0.001	0.001	0.000	0.000	99.459	1.073	1044.368	2138.423	99.459	2138.423
369	Beam_369	700	0.000	0.001	0.000	0.000	99.459	1.073	1044.371	2138.436	99.459	2138.436
370	Beam_370	700	0.000	0.001	0.000	0.000	99.459	1.073	1044.371	2138.436	99.459	2138.436
371	Beam_371	700	0.001	0.001	0.000	0.000	99.459	1.073	1044.368	2138.423	99.459	2138.423
372	Beam_372	700	0.006	0.009	0.000	0.000	96.752	1.072	1028.928	2121.938	96.752	2121.938
373	Beam_373	700	771.108	714.223	111.191	38.818	401.122	8.384	5699.544	5665.343	401.122	5699.544
374	Beam_374	350	0.001	0.001	0.000	0.000	62.269	0.501	591.524	1210.808	62.269	1210.808
375	Beam_375	350	0.001	0.000	0.000	0.000	123.482	0.992	1172.463	2400.606	123.482	2400.606
376	Beam_376	350	0.010	0.008	0.001	0.000	99.487	0.976	994.905	1989.739	99.487	1989.739
377	Beam_377	350	0.001	0.001	0.000	0.000	62.269	0.501	591.524	1210.823	62.269	1210.823
378	Beam_378	350	0.000	0.000	0.000	0.000	123.478	0.992	1172.428	2400.535	123.478	2400.535
379	Beam_379	350	0.005	0.007	0.000	0.000	99.487	0.976	994.905	1989.746	99.487	1989.746
384	Beam_384	700	724.366	724.366	349.972	311.346	509.370	8.580	5827.484	5832.563	509.370	5832.563
386	Beam_386	150	10.033	31.435	62.289	126.084	121.347	2.593	2516.387	2038.004	126.084	2516.387
387	Beam_387	230	0.002	0.007	0.000	0.000	98.226	0.996	999.078	2014.876	98.226	2014.876
388	Beam_388	230	0.000	0.001	0.000	0.000	101.006	0.999	1014.518	2033.407	101.006	2033.407

389	Beam_389	230	0.004	0.001	0.000	0.000	99.750	0.961	988.888	1986.350	99.750	1986.350
390	Beam_390	230	0.001	0.000	0.000	0.000	100.059	0.989	1004.328	2012.304	100.059	2012.304
1380	Beam_1380	700	113.826	95.646	156.863	158.495	292.272	1.328	1867.332	1948.477	292.272	1948.477
1381	Beam_1381	700	136.437	273.401	190.897	198.260	317.504	1.248	2116.673	1636.819	317.504	2116.673
1382	Beam_1382	700	93.262	86.408	149.427	168.565	120.459	2.242	1487.384	1524.022	168.565	1524.022
1389	Beam_1389	700	10.362	13.804	19.769	23.468	10.047	0.082	650.531	690.503	23.468	690.503
1392	Beam_1392	700	3.325	15.307	22.344	19.335	9.550	0.074	554.950	690.107	22.344	690.107
1394	Beam_1394	700	11.741	15.196	21.315	19.714	8.919	0.070	531.364	599.597	21.315	599.597
1395	Beam_1395	700	14.046	13.778	24.310	20.077	8.677	0.076	582.834	571.513	24.310	582.834
1406	Beam_1406	700	0.001	0.000	0.003	0.002	32.110	0.341	134.366	279.295	32.110	279.295
1407	Beam_1407	700	0.001	0.000	0.004	0.003	32.110	0.341	134.366	279.295	32.110	279.295
1423	Beam_1423	1000	0.001	0.001	0.004	0.004	27.469	0.269	114.401	229.214	27.469	229.214
1467	Beam_1467	700	67.840	22.202	22.490	23.601	44.953	0.449	966.195	1438.149	44.953	1438.149
1468	Beam_1468	700	17.380	3.522	22.097	23.887	40.963	0.415	910.226	1178.291	40.963	1178.291
1469	Beam_1469	700	11.640	8.534	25.509	19.889	40.393	0.409	524.765	1146.346	40.393	1146.346
1470	Beam_1470	700	11.621	9.369	22.763	22.223	40.525	0.409	520.594	1153.079	40.525	1153.079
1471	Beam_1471	700	17.028	13.059	25.506	20.543	40.346	0.310	787.800	1142.550	40.346	1142.550
1472	Beam_1472	700	71.232	37.932	25.611	20.395	44.712	0.445	833.718	1417.889	44.712	1417.889

Tabla 30: Resultados para Vigas

9.5. RESULTADOS PARA BARRAS

Del mismo modo se muestran los resultados obtenidos para barras, para uso de los mismos en la optimización de elementos individualmente.

Elemento	Tipo	Longitud	Compresión	Tensión	Corte y		Corte z		Momento		Corte máx.	Momento máx.
			Fx máx.	Fx mín.	Fy máx.	Fy mín.	Fz máx.	Fz mín.	M máx.	M mín.		
184	Barra de madera_184	537.587	146.231	133.406	17.521	13.073	30.497	0.242	436.257	1002.529	30.497	1002.529
185	Barra de madera_185	537.587	136.646	133.256	14.513	12.258	25.899	0.309	440.484	1034.288	25.899	1034.288
186	Barra de madera_186	1020.000	196.414	53.619	140.177	151.851	120.447	3.391	2305.253	2290.099	151.851	2305.253
187	Barra de madera_187	170.000	357.717	18.086	1.919	2.022	6.037	0.018	354.916	671.450	6.037	671.450
204	Barra de madera_204	537.587	124.263	276.228	16.165	19.928	59.835	0.468	854.969	1987.138	59.835	1987.138
205	Barra de madera_205	537.587	109.178	274.962	16.135	15.949	48.811	0.604	862.556	2036.808	48.811	2036.808
206	Barra de madera_206	1020.000	310.268	106.587	193.354	154.012	153.967	3.724	2520.966	2531.514	193.354	2531.514
207	Barra de madera_207	170.000	186.317	22.547	1.241	5.250	5.528	0.016	284.928	654.830	5.528	654.830
224	Barra de madera_224	537.587	183.563	123.347	14.409	15.567	30.301	0.244	435.819	984.810	30.301	984.810
225	Barra de madera_225	537.587	181.585	123.167	11.938	14.923	26.374	0.307	439.456	1017.101	26.374	1017.101
226	Barra de madera_226	1020.000	216.196	70.518	163.895	124.865	121.424	3.561	2420.825	2400.696	163.895	2420.825
227	Barra de madera_227	170.000	280.503	41.194	4.021	5.165	6.260	0.017	367.382	696.756	6.260	696.756
264	Barra de madera_264	700.000	188.042	105.217	18.309	14.535	38.343	0.545	621.543	1034.919	38.343	1034.919
317	Barra de madera_317	700.000	23.650	7.202	20.195	17.495	21.082	0.214	477.915	695.986	21.082	695.986
318	Barra de madera_318	700.000	7.039	23.014	16.992	16.079	20.882	0.211	479.664	680.782	20.882	680.782
326	Barra de madera_326	256.757	1535.745	435.403	7.554	2.250	7.670	0.038	958.901	1010.386	7.670	1010.386
327	Barra de madera_327	256.757	556.480	1588.716	1.869	5.769	9.258	0.036	1290.320	1086.800	9.258	1290.320
328	Barra de madera_328	256.757	1582.678	452.372	5.123	1.720	9.271	0.038	1088.111	1292.258	9.271	1292.258
329	Barra de madera_329	256.757	524.010	1542.207	1.643	5.939	7.730	0.030	1026.199	958.619	7.730	1026.199
330	Barra de madera_330	256.757	1727.303	463.266	8.424	2.523	8.323	0.039	1042.720	1094.359	8.424	1094.359
331	Barra de madera_331	256.757	620.585	1781.209	2.185	7.328	9.791	0.036	1350.815	1163.195	9.791	1350.815
332	Barra de madera_332	256.757	1770.296	466.789	6.990	2.087	9.801	0.041	1164.399	1351.983	9.801	1351.983
333	Barra de madera_333	256.757	590.103	1729.367	2.023	6.703	8.316	0.030	1093.238	1042.023	8.316	1093.238
334	Barra de madera_334	256.757	1903.675	498.347	7.534	2.272	9.232	0.042	1148.722	1221.709	9.232	1221.709
335	Barra de madera_335	256.757	650.563	1908.779	2.012	6.696	10.817	0.038	1496.414	1280.996	10.817	1496.414

336	Barra de madera_336	256.757	1948.457	506.541	6.342	1.907	10.790	0.042	1277.156	1493.241	10.790	1493.241
337	Barra de madera_337	256.757	596.096	1831.803	2.042	6.076	9.256	0.033	1228.399	1148.129	9.256	1228.399
338	Barra de madera_338	256.757	610.636	1879.332	7.058	2.340	3.135	0.083	1104.700	1081.457	7.058	1104.700
341	Barra de madera_341	256.757	1894.991	546.505	2.391	7.409	9.597	0.042	1167.859	1296.348	9.597	1296.348
342	Barra de madera_342	256.757	634.694	1921.625	7.664	2.444	3.478	0.095	1318.190	1177.268	7.664	1318.190
343	Barra de madera_343	256.757	1852.784	539.946	2.593	8.232	8.351	0.039	1068.536	1075.616	8.351	1075.616
345	Barra de madera_345	256.757	1738.212	449.737	2.521	8.232	8.136	0.037	999.231	1089.744	8.232	1089.744
346	Barra de madera_346	256.757	578.794	1657.212	8.505	2.579	3.046	0.081	1099.141	1008.529	8.505	1099.141
347	Barra de madera_347	256.757	1641.746	423.260	2.681	9.130	7.184	0.035	926.425	918.023	9.130	926.425
348	Barra de madera_348	256.757	462.466	1340.790	7.567	2.282	2.409	0.064	855.963	830.821	7.567	855.963
349	Barra de madera_349	256.757	1484.688	392.510	2.152	7.409	7.281	0.034	885.813	983.550	7.409	983.550
350	Barra de madera_350	256.757	497.047	1426.224	7.661	2.205	2.861	0.073	1005.562	900.139	7.661	1005.562
351	Barra de madera_351	256.757	1395.053	364.880	2.529	8.787	6.381	0.035	812.244	826.029	8.787	826.029
1289	Barra de madera_1289	256.757	258.091	256.429	2.614	0.649	2.273	0.018	266.523	317.180	2.614	317.180
1290	Barra de madera_1290	256.757	43.473	290.700	0.970	3.162	3.534	0.021	535.045	372.341	3.534	535.045
1291	Barra de madera_1291	256.757	310.763	257.765	3.107	0.935	3.520	0.019	370.359	533.358	3.520	533.358
1292	Barra de madera_1292	256.757	42.702	266.799	0.735	2.125	2.359	0.015	332.465	273.226	2.359	332.465
1313	Barra de madera_1313	256.757	496.140	285.915	3.126	0.923	3.278	0.020	392.045	449.519	3.278	449.519
1314	Barra de madera_1314	256.757	109.401	541.998	1.353	4.681	4.413	0.023	646.632	486.360	4.681	646.632
1315	Barra de madera_1315	256.757	526.575	256.199	4.475	1.303	4.424	0.022	487.910	647.975	4.475	647.975
1316	Barra de madera_1316	256.757	104.944	490.496	0.804	2.702	3.270	0.018	447.942	391.620	3.270	447.942
1337	Barra de madera_1337	256.757	310.202	325.095	2.444	0.924	2.617	0.019	301.071	370.968	2.617	370.968
1338	Barra de madera_1338	256.757	59.317	315.198	1.387	4.095	3.749	0.021	565.396	397.129	4.095	565.396
1339	Barra de madera_1339	256.757	350.539	302.686	3.888	1.350	3.722	0.019	393.509	562.167	3.888	562.167
1352	Barra de madera_1352	256.757	56.864	323.149	0.884	2.214	2.652	0.016	374.713	306.145	2.652	374.713
1353	Barra de madera_1353	256.757	47.148	444.084	2.388	0.895	1.667	0.027	375.398	323.798	2.388	375.398
1366	Barra de madera_1366	256.757	395.429	312.029	0.960	2.850	3.799	0.020	416.013	559.474	3.799	559.474

1367	Barra de madera_1367	256.757	47.857	470.823	2.919	0.975	2.137	0.037	554.073	409.031	2.919	554.073
1368	Barra de madera_1368	256.757	380.874	336.746	0.977	2.688	2.687	0.019	325.196	364.694	2.688	364.694
1371	Barra de madera_1371	256.757	245.216	928.655	3.673	1.102	2.516	0.052	727.819	633.550	3.673	727.819
1375	Barra de madera_1375	256.757	779.226	365.845	0.950	3.261	4.544	0.025	554.647	611.940	4.544	611.940
1376	Barra de madera_1376	256.757	100.457	350.842	2.528	0.652	1.424	0.022	314.850	272.694	2.528	314.850
1377	Barra de madera_1377	256.757	350.038	271.022	0.787	2.814	3.062	0.018	336.719	449.427	3.062	449.427
1378	Barra de madera_1378	256.757	133.927	377.042	2.938	0.804	1.928	0.030	447.787	334.366	2.938	447.787
1379	Barra de madera_1379	256.757	319.828	300.346	0.648	2.690	2.253	0.020	271.657	306.729	2.690	306.729
1409	Barra de madera_1409	170.000	140.404	79.574	0.251	0.027	0.188	0.003	43.154	17.475	0.251	43.154
1410	Barra de madera_1410	170.000	18.907	82.083	0.722	0.841	0.474	0.014	123.365	126.277	0.841	126.277
1411	Barra de madera_1411	208.087	343.320	24.489	1.813	5.965	2.067	0.034	439.766	284.093	5.965	439.766
1412	Barra de madera_1412	202.485	103.513	30.856	0.533	0.165	0.976	0.014	56.805	124.934	0.976	124.934
1413	Barra de madera_1413	208.087	89.149	229.645	3.714	1.124	2.447	0.010	152.027	152.364	3.714	152.364
1431	Barra de madera_1431	53.333	303.741	2.055	57.895	73.230	31.615	0.251	1036.323	1264.836	73.230	1264.836
1432	Barra de madera_1432	93.333	17.636	49.765	10.963	11.197	0.102	0.020	129.187	62.915	11.197	129.187
1433	Barra de madera_1433	130.000	17.146	177.409	5.719	2.284	1.063	0.030	213.577	180.539	5.719	213.577
1434	Barra de madera_1434	130.000	81.882	173.973	5.603	2.298	0.646	0.029	207.215	172.009	5.603	207.215
1435	Barra de madera_1435	93.333	43.409	41.391	10.647	9.302	2.720	0.003	106.451	147.418	10.647	147.418
1436	Barra de madera_1436	53.333	309.336	6.283	60.326	62.974	30.994	0.043	403.297	1249.705	62.974	1249.705
1437	Barra de madera_1437	176.918	253.084	101.089	4.738	9.763	6.528	0.041	353.734	801.173	9.763	801.173
1438	Barra de madera_1438	144.261	76.456	60.654	3.452	5.928	2.640	0.032	116.546	61.042	5.928	116.546
1439	Barra de madera_1439	131.318	7.764	280.376	8.211	8.463	1.836	0.077	194.648	471.816	8.463	471.816
1440	Barra de madera_1440	176.918	253.405	13.736	9.653	5.260	5.134	0.064	801.605	350.283	9.653	801.605
1441	Barra de madera_1441	144.261	80.045	9.993	1.616	5.656	2.626	0.034	81.640	123.167	5.656	123.167
1442	Barra de madera_1442	131.318	8.229	284.571	2.790	10.843	2.616	0.080	205.228	496.044	10.843	496.044
1443	Barra de madera_1443	53.333	469.231	14.131	38.940	130.144	33.558	0.197	931.346	1302.374	130.144	1302.374
1444	Barra de madera_1444	93.333	114.937	61.063	6.369	20.009	0.032	0.025	175.589	68.303	20.009	175.589

1445	Barra de madera_1445	130.000	18.548	104.542	2.305	5.703	1.018	0.027	209.093	154.583	5.703	209.093
1446	Barra de madera_1446	130.000	95.050	90.494	2.235	5.556	0.834	0.028	211.436	156.605	5.556	211.436
1447	Barra de madera_1447	93.333	103.038	12.256	5.542	16.982	3.765	0.001	150.839	200.604	16.982	200.604
1448	Barra de madera_1448	53.333	469.578	6.709	32.875	107.710	33.339	0.046	482.616	1295.450	107.710	1295.450
1449	Barra de madera_1449	131.318	39.391	373.985	4.477	14.094	3.002	0.096	244.192	676.079	14.094	676.079
1450	Barra de madera_1450	144.261	94.351	18.923	0.341	0.382	2.699	0.035	75.020	134.233	2.699	134.233
1451	Barra de madera_1451	176.918	234.695	24.637	10.934	3.165	5.315	0.065	806.063	373.405	10.934	806.063
1452	Barra de madera_1452	176.918	233.054	127.254	3.114	10.822	6.696	0.043	375.059	809.597	10.822	809.597
1453	Barra de madera_1453	144.261	57.265	90.946	0.374	0.388	2.788	0.030	135.467	73.240	2.788	135.467
1454	Barra de madera_1454	131.318	14.354	350.001	11.211	3.741	1.967	0.092	226.136	634.161	11.211	634.161
1455	Barra de madera_1455	53.333	292.906	2.432	9.146	80.704	25.264	0.208	880.458	1012.897	80.704	1012.897
1456	Barra de madera_1456	93.333	37.447	37.800	3.672	11.612	0.234	0.018	120.125	58.338	11.612	120.125
1457	Barra de madera_1457	130.000	8.405	125.705	1.425	6.485	0.924	0.028	202.104	168.757	6.485	202.104
1458	Barra de madera_1458	130.000	68.307	119.332	1.428	6.574	0.794	0.028	198.323	168.065	6.574	198.323
1459	Barra de madera_1459	93.333	35.775	19.886	3.098	11.174	2.560	0.003	102.009	136.905	11.174	136.905
1460	Barra de madera_1460	53.333	293.038	4.565	17.092	66.551	27.556	0.038	363.591	1106.084	66.551	1106.084
1461	Barra de madera_1461	131.318	12.740	260.549	8.788	8.703	2.055	0.075	169.903	458.799	8.788	458.799
1462	Barra de madera_1462	144.261	59.719	7.333	5.276	1.166	2.666	0.033	75.853	115.629	5.276	115.629
1463	Barra de madera_1463	176.918	210.930	10.741	4.352	1.469	5.198	0.062	775.777	354.538	5.198	775.777
1464	Barra de madera_1464	176.918	209.489	88.148	3.744	2.224	6.223	0.041	334.225	766.734	6.223	766.734
1465	Barra de madera_1465	144.261	49.213	51.822	5.133	3.437	2.672	0.032	113.964	63.982	5.133	113.964
1466	Barra de madera_1466	131.318	6.382	248.722	10.634	3.386	2.021	0.071	154.905	430.970	10.634	430.970
1473	Barra de madera_1473	170.000	119.638	30.103	4.507	2.218	0.655	0.020	242.565	111.395	4.507	242.565
1476	Barra de madera_1476	53.333	340.353	16.887	26.516	44.069	9.851	0.076	355.588	211.247	44.069	355.588
1477	Barra de madera_1477	93.333	109.970	12.683	8.896	23.920	0.549	0.017	142.968	32.510	23.920	142.968
1478	Barra de madera_1478	130.000	2.681	29.504	3.626	8.818	0.213	0.002	17.730	47.199	8.818	47.199
1479	Barra de madera_1479	130.000	10.184	22.106	3.592	8.431	0.338	0.001	62.536	13.078	8.431	62.536

1480	Barra de madera_1480	93.333	100.093	3.595	8.006	20.530	3.018	0.001	112.984	168.687	20.530	168.687
1481	Barra de madera_1481	53.333	343.910	3.562	23.217	37.800	1.870	0.085	339.840	302.039	37.800	339.840
1482	Barra de madera_1482	176.918	175.689	17.538	2.206	6.460	4.050	0.026	78.390	181.956	6.460	181.956
1483	Barra de madera_1483	144.261	21.229	19.495	2.011	5.238	2.533	0.029	54.424	64.650	5.238	64.650
1484	Barra de madera_1484	131.318	8.225	231.965	10.175	8.522	2.552	0.066	99.012	440.049	10.175	440.049
1485	Barra de madera_1485	176.918	176.239	4.548	6.482	5.138	3.982	0.026	69.741	180.240	6.482	180.240
1486	Barra de madera_1486	144.261	37.188	5.307	1.517	5.621	2.534	0.034	47.977	118.780	5.621	118.780
1487	Barra de madera_1487	131.318	31.180	252.336	4.217	12.870	2.551	0.070	109.769	474.487	12.870	474.487
1488	Barra de madera_1488	537.587	25.520	237.049	16.667	21.871	59.383	0.451	867.163	1984.581	59.383	1984.581
1489	Barra de madera_1489	537.587	14.216	237.237	17.778	16.374	46.453	0.599	873.998	2034.825	46.453	2034.825
1490	Barra de madera_1490	1020.000	214.800	23.836	15.924	19.905	10.767	0.106	782.573	719.752	19.905	782.573
1491	Barra de madera_1491	53.333	318.519	16.138	8.511	46.742	10.526	0.080	375.072	228.934	46.742	375.072
1492	Barra de madera_1492	93.333	101.077	14.095	7.068	23.476	0.507	0.016	135.208	31.456	23.476	135.208
1493	Barra de madera_1493	130.000	2.724	30.040	3.097	8.764	0.467	0.001	36.429	39.243	8.764	39.243
1494	Barra de madera_1494	130.000	10.361	25.389	2.969	8.511	0.497	0.003	39.429	25.183	8.511	39.429
1495	Barra de madera_1495	93.333	98.171	3.794	6.030	20.276	2.947	0.001	111.421	163.651	20.276	163.651
1496	Barra de madera_1496	53.333	332.180	4.912	7.105	39.336	1.956	0.090	355.674	312.730	39.336	355.674
1497	Barra de madera_1497	176.918	165.687	13.757	3.263	5.388	3.656	0.027	87.366	157.619	5.388	157.619
1498	Barra de madera_1498	144.261	28.358	20.314	3.869	1.529	2.553	0.028	51.810	59.425	3.869	59.425
1499	Barra de madera_1499	131.318	8.714	229.344	10.895	3.778	2.563	0.067	100.817	442.453	10.895	442.453
1500	Barra de madera_1500	176.918	160.584	3.734	6.592	2.070	3.610	0.027	54.918	157.080	6.592	157.080
1501	Barra de madera_1501	144.261	35.340	5.331	3.454	1.079	2.553	0.033	42.850	117.652	3.454	117.652
1502	Barra de madera_1502	131.318	32.013	236.781	7.290	11.259	2.565	0.069	105.643	471.454	11.259	471.454
1503	Barra de madera_1503	537.587	10.596	235.965	17.846	20.427	59.323	0.451	867.417	1978.787	59.323	1978.787
1504	Barra de madera_1504	537.587	10.479	236.624	18.680	15.003	46.435	0.599	873.256	2031.053	46.435	2031.053
1505	Barra de madera_1505	1020.000	215.284	28.666	17.150	18.469	10.696	0.105	777.361	713.709	18.469	777.361
1506	Barra de madera_1506	170.000	104.338	3.963	4.298	2.103	0.299	0.001	16.485	34.461	4.298	34.461

1507	Barra de madera_1507	53.333	336.174	13.677	8.439	47.942	10.174	0.073	358.207	221.537	47.942	358.207
1508	Barra de madera_1508	93.333	112.838	11.484	7.507	24.833	0.585	0.018	143.954	33.337	24.833	143.954
1509	Barra de madera_1509	130.000	1.933	21.441	3.396	9.884	0.087	0.002	7.305	47.410	9.884	47.410
1510	Barra de madera_1510	130.000	9.754	20.456	3.281	9.839	0.318	0.001	58.717	3.846	9.839	58.717
1511	Barra de madera_1511	93.333	109.501	2.348	6.463	21.966	3.077	0.001	114.017	173.176	21.966	173.176
1512	Barra de madera_1512	53.333	348.966	2.438	7.528	39.789	1.405	0.086	321.855	296.070	39.789	321.855
1513	Barra de madera_1513	176.918	159.524	16.299	4.371	6.089	3.938	0.026	73.357	169.177	6.089	169.177
1514	Barra de madera_1514	144.261	18.365	17.241	5.002	1.807	2.536	0.028	56.642	60.747	5.002	60.747
1515	Barra de madera_1515	131.318	5.561	249.150	12.253	3.934	2.530	0.067	106.288	443.469	12.253	443.469
1516	Barra de madera_1516	176.918	154.003	3.166	8.475	2.947	3.863	0.026	66.709	166.611	8.475	166.611
1517	Barra de madera_1517	144.261	25.261	3.408	4.399	1.227	2.537	0.034	48.318	117.587	4.399	117.587
1518	Barra de madera_1518	131.318	27.305	256.494	8.735	10.593	2.529	0.070	111.480	473.047	10.593	473.047
1519	Barra de madera_1519	537.587	33.706	232.044	18.632	19.691	59.318	0.452	867.491	1978.265	59.318	1978.265
1520	Barra de madera_1520	537.587	33.649	232.296	20.177	13.303	46.587	0.599	873.461	2030.082	46.587	2030.082
1521	Barra de madera_1521	1020.000	211.081	23.174	18.692	17.697	10.619	0.105	773.742	705.965	18.692	773.742
1522	Barra de madera_1522	208.087	20.725	319.241	1.152	3.546	4.271	0.028	221.136	134.582	4.271	221.136
1539	Barra de madera_1539	53.333	310.631	18.563	23.658	44.835	10.744	0.076	380.832	231.964	44.835	380.832
1540	Barra de madera_1540	93.333	97.235	13.447	10.379	23.847	0.584	0.016	130.771	34.574	23.847	130.771
1541	Barra de madera_1541	130.000	5.406	32.552	4.900	9.431	0.403	0.002	24.406	44.420	9.431	44.420
1542	Barra de madera_1542	130.000	9.487	26.334	4.858	9.060	0.317	0.003	42.186	13.944	9.060	42.186
1543	Barra de madera_1543	93.333	91.998	2.784	9.216	20.630	2.882	0.001	110.412	158.545	20.630	158.545
1544	Barra de madera_1544	53.333	321.822	3.744	22.130	39.078	1.536	0.092	339.574	320.939	39.078	339.574
1545	Barra de madera_1545	131.318	31.287	229.388	4.226	12.918	2.563	0.069	103.951	465.025	12.918	465.025
1546	Barra de madera_1546	144.261	37.378	8.380	1.299	4.048	2.563	0.033	42.353	114.067	4.048	114.067
1547	Barra de madera_1547	176.918	161.283	6.263	5.767	3.703	3.322	0.027	47.456	125.749	5.767	125.749
1548	Barra de madera_1548	176.918	164.907	11.671	2.375	6.235	3.390	0.027	52.473	127.276	6.235	127.276
1549	Barra de madera_1549	144.261	27.106	15.338	1.940	3.552	2.590	0.027	50.048	58.852	3.552	58.852

1550	Barra de madera_1550	131.318	6.368	218.154	9.343	6.257	2.561	0.066	97.343	434.433	9.343	434.433
1551	Barra de madera_1551	537.587	35.576	229.690	16.019	21.976	59.262	0.452	870.188	1970.337	59.262	1970.337
1552	Barra de madera_1552	537.587	37.566	230.306	16.939	17.186	46.277	0.598	876.324	2022.204	46.277	2022.204
1553	Barra de madera_206	1020.000	209.141	28.358	15.339	20.500	10.614	0.104	774.068	703.453	20.500	774.068
1554	Barra de madera_1554	170.000	129.863	209.029	0.672	0.095	0.302	0.009	45.360	106.090	0.672	106.090
1559	Barra de madera_1559	208.087	512.228	194.341	7.168	2.180	5.166	0.036	377.378	565.821	7.168	565.821
1560	Barra de madera_1560	187.883	37.570	116.929	0.551	0.159	1.534	0.037	131.073	277.711	1.534	277.711
1579	Barra de madera_1579	110.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.592	0.025	23.758	47.517	2.592	47.517
1580	Barra de madera_1580	110.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.592	0.025	23.758	47.517	2.592	47.517
1581	Barra de madera_1581	110.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.592	0.025	23.758	47.517	2.592	47.517
1582	Barra de madera_1582	110.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.592	0.025	23.758	47.517	2.592	47.517
1583	Barra de madera_1583	110.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.592	0.025	23.758	47.517	2.592	47.517
1584	Barra de madera_1584	110.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.592	0.025	23.758	47.517	2.592	47.517
1585	Barra de madera_1585	110.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.592	0.025	23.758	47.517	2.592	47.517
1586	Barra de madera_1586	110.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.592	0.025	23.758	47.517	2.592	47.517
1587	Barra de madera_1587	110.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.592	0.025	23.758	47.517	2.592	47.517
1588	Barra de madera_1588	110.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.592	0.025	23.758	47.517	2.592	47.517
1589	Barra de madera_1589	110.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.592	0.025	23.758	47.517	2.592	47.517
1590	Barra de madera_1590	110.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.592	0.025	23.758	47.517	2.592	47.517
1591	Barra de madera_1591	110.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.592	0.025	23.758	47.517	2.592	47.517
1592	Barra de madera_1592	110.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.592	0.025	23.758	47.517	2.592	47.517
1593	Barra de madera_1593	110.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.592	0.025	23.758	47.517	2.592	47.517
1594	Barra de madera_1594	110.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.592	0.025	23.758	47.517	2.592	47.517
1595	Barra de madera_1595	110.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.592	0.025	23.758	47.517	2.592	47.517
1596	Barra de madera_1596	110.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.592	0.025	23.758	47.517	2.592	47.517
1597	Barra de madera_1597	110.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.592	0.025	23.758	47.517	2.592	47.517
1598	Barra de madera_1598	80.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.885	0.018	12.566	25.133	1.885	25.133

1599	Barra de madera_1599	245.406	1498.415	2870.122	12.347	3.802	11.099	0.049	1358.274	1365.574	12.347	1365.574
1600	Barra de madera_1600	110.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.592	0.025	23.758	47.517	2.592	47.517
1601	Barra de madera_1601	110.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.592	0.025	23.758	47.517	2.592	47.517
1602	Barra de madera_1602	110.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.592	0.025	23.758	47.517	2.592	47.517
1603	Barra de madera_1603	110.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.592	0.025	23.758	47.517	2.592	47.517

Tabla 31: Resultados para Barras

CAPITULO X

DISEÑO DE ELEMENTOS INDIVIDUALES

10.1. INTRODUCCIÓN

Pese a tener diferente comportamiento la GaK posee una resistencia similar a la de la madera dura de alta calidad. Es indispensable realizar ensayos de resistencia de un grupo de culmos de caña con el que se piense realizar un proyecto, ya que la mayoría de información disponible en literatura es poco fiable. Es recomendable realizar ensayos de flexión, corte y tensión perpendicular a la fibra ya que son los modos más comunes por los que una estructura de caña guadúa falla. Otros ensayos como los de tensión y compresión paralela no son tan importantes porque no es común que los modos de falla sean gobernados por estos esfuerzos.

Cuando la importancia del proyecto es bajo o se trata de una estructura simple, los valores pueden ser tomados de los códigos de diseño pertinentes como, por ejemplo: La NSR 10: Código Colombiano para la construcción sismo-resistente. G12 o la NEC-SE-Guadúa.

El diseño estructural de elementos de caña guadúa, se encuentra desarrollado en base a las características del material, así como de los elementos secundarios utilizados para ensamblar la estructura. Generalmente en el ámbito de la

construcción se busca mejorar y economizar los modelos constructivos a través de la experimentación y el diseño adecuado, motivo por el cual, se han realizado innovaciones en cuanto al mejoramiento de las conexiones respecta. Un adelanto bastante claro, fue el de llenar con mortero los entrenudos que estaban cercanos o que conformaban una conexión. Esta mejora, aunque muy simple, significa una gran mejora en cuanto al aumento de resistencia y rigidez de las conexiones respecta. Además, no solamente mejoran estas características, sino también dado el caso de que existan cargas puntuales muy elevadas en un elemento de GaK, se puede llenar al entramado en cuestión para que de esta forma no sea susceptible a una falla por aplastamiento.

Todos y cada uno de los elementos estructurales del sistema deben estar diseñados cumpliendo requisitos normados en la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

10.2. REQUISITOS DE DISEÑO

10.2.1. CARGAS Y ESTADOS DE CARGA

Todos los miembros estructurales deben ser diseñados, así como contruidos y empalmados para soportar fuerzas por unidad de área producidas por las 18 combinaciones de cargas de servicio mostradas a continuación en la siguiente tabla:

1	D
2	D+L
3	$D+0.75L+0.525E_x$
4	$D+0.75L-0.525E_x$
5	$D+0.75L+0.525E_y$
6	$D+0.75L-0.525E_y$
7	$D+0.7E_x$
8	$D-0.7E_x$
9	$D+0.7E_y$
10	$D-0.7E_y$
11	$D+0.75L+0.525EQ_x$
12	$D+0.75L-0.525EQ_x$
13	$D+0.75L+0.525EQ_y$
14	$D+0.75L-0.525EQ_y$
15	$D+0.7EQ_x$
16	$D-0.7EQ_x$
17	$D+0.7EQ_y$
18	$D-0.7EQ_y$

Tabla 32: Combinaciones de Carga, Fuente; NEC-SE-GUADÚA

Donde:

D: Carga Muerta

L: Carga Viva

E_x : Carga estática de sismo en sentido X

E_y : Carga estática de sismo en sentido Y

EQ_x : Carga del espectro de aceleración en X

EQ_y : Carga del espectro de aceleración en Y

10.2.2. ESFUERZOS ADMISIBLES

1. Flexión:	
Fb	5
FCb	1
Fsb	2
FDCb	1.5

Tabla 33: Esfuerzos Admisibles para Flexión, Fuente: NEC-SE-GUADÚA

2. Tracción:	
Ft	3.17
FCt	0.5
Fst	2
FDCt	1.5

Tabla 34: Esfuerzos Admisibles para Tracción, Fuente: NEC-SE-GUADÚA

3. Compresión paralela:	
Fc	7.78
FCc	1
Fsc	1.5
FDCc	1.2

Tabla 35: Esfuerzos Admisibles para Compresión Paralela, Fuente: NEC-SE-GUADÚA

4. Compresión perpendicular:	
F_p^*	0.65
FC_p^*	1
F_{sp}^*	1.8
FDC_p^*	1.2

Tabla 36: Esfuerzos Admisibles para Compresión Perpendicular , Fuente: NEC-SE-GUADÚA

5. Corte:	
F_v	0.36
FC_v	0.6
F_{sv}	1.8
FDC_v	1.1

Tabla 37: Esfuerzos Admisibles para Corte, Fuente: NEC-SE-GUADÚA

10.2.3. ESFUERZOS ÚLTIMOS

Fb	45	MPa
Ft	117	MPa
Fc	37	MPa
Fv	7	MPa

Tabla 38: Esfuerzos Últimos para Caña Guadúa, Fuente: NEC-SE-GUADÚA

10.2.4. MÓDULOS DE ELASTICIDAD

E0.5	12000	MPa	Utilizar para analizar elementos estructurales, NEC-SE-GUADUA, p. 26.	122366.4	kg/cm ²
E0.05	7500	MPa		76479	kg/cm ²
Emin	4000	MPa	Utilizar para calcular coeficientes de estabilidad de vigas (CL) y columnas (Cp).	40788.8	kg/cm ²

Tabla 39: Modulo de elasticidad admisibles para especímenes de Caña Guadúa. Fuente: NEC-SE-GUADÚA

10.2.5. ÁREA NETA

Área Neta.-		
De	100	mm
t	10	mm
A	2827.433	mm

Tabla 40: Calculo del área neta para especímenes de Caña Guadúa

10.2.6. INERCIAS

Inercia.-		
I	27009842.84	mm ⁴
I	2700.984284	cm ⁴

Tabla 41: Calculo de inercia para especímenes de Caña Guadúa

10.2.7. ESFUERZOS ADMISIBLES MODIFICADOS

L	3300	mm
I/De	33	Ad.

Flexión				
F'b	4.851	Mpa	49.467	kg/cm ²
CDb	0.9	Estabilidad lateral de vigas.		
Cmb	1			
Ctb	1			
CLb	0.98			
CFb	1	Forma		
Crb	1.1			
Cpb	1	Estabilidad de columnas		
Ccb	1	Cortante		

Tracción				
F't	3.135	Mpa	31.968	kg/cm2
CDt	0.9			
Cmt	1			
Ctt	1			
CLt	1			
CFt	1			
Crt	1.1			
Cpt	1			
Cct	1			
Compresión paralela				
F'c	7.7	Mpa	78.518	kg/cm2
CDc	0.9			
Cmc	1			
Ctc	1			
CLc	1			
CFc	1			
Crc	1.1			
Cpc	1			
Ccc	1			
Compresión perpendicular				
F'p*	0.64	Mpa	6.5432	kg/cm2
CDp*	0.9			
Cmp*	1			
Ctp*	1			
CLp*	1			
CFp*	1			
Crp*	1.1			
Cpp*	1			
Ccp*	1			

Corte				
F'v	0.36	Mpa	3.671	kg/cm2
CDv	0.9			
Cmv	1			
Ctv	1			
CLv	1			
CFv	1			
Crv	1.1			
Cpv	1			
Ccv	1			

Tabla 42: Cálculo de esfuerzos admisibles modificados para Caña Guadúa

10.3. DISEÑO DE ELEMENTOS INDIVIDUALES PARA FLEXO-COMPRESIÓN

Flexo-compresión																											
Elemento	Longitud	Longitud Efectiva			Esbeltez								Compresión Axial				Momento Resistente							Flexo-compresión			
		lu (cm)	k	le (cm)	De (cm)	# Elementos	Inercia (cm4)	An (cm2)	r (cm)	Λ	Ck	Columna Tipo	N (kg)	fc (kg/cm2)	Condición	#Elementos	Flexión	Momento (kg*cm)	De (cm)	S(cm3)	fb (kg/cm2)	Condición	# Elementos	Ner (kg)	Km	fc/F'c +km*fb/F'b	Condición
6	Column_6	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	134.944	12.858	OK	1	Sí	805.233	10	57.962	13.892	OK	1	37878.087	1.005	0.446	OK
7	Column_7	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	147.601	14.064	OK	1	Sí	1175.381	10	57.962	20.278	OK	1	37878.087	1.006	0.591	OK
8	Column_8	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	182.496	17.389	OK	1	Sí	805.233	10	57.962	13.892	OK	1	37878.087	1.007	0.504	OK
9	Column_9	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	191.313	18.229	OK	1	Sí	793.668	10	57.962	13.693	OK	1	37878.087	1.008	0.511	OK
10	Column_10	232.000	1	232.000	15	1	13673.733	33.576	4.802	48.310	80.052	Intermedia	185.204	6.048	OK	1	Sí	1311.228	15	195.623	6.703	OK	1	191757.814	1.001	0.213	OK
11	Column_11	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	247.681	23.600	OK	1	Sí	805.668	10	57.962	13.900	OK	1	37878.087	1.010	0.584	OK
12	Column_12	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	187.918	17.905	OK	1	Sí	805.668	10	57.962	13.900	OK	1	37878.087	1.007	0.511	OK
13	Column_13	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	215.384	20.522	OK	1	Sí	1114.555	10	57.962	19.229	OK	1	37878.087	1.009	0.653	OK
22	Column_22	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	186.111	17.733	OK	1	Sí	799.565	10	57.962	13.795	OK	1	37878.087	1.007	0.507	OK
23	Column_23	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	162.376	15.472	OK	1	Sí	1399.913	10	57.962	24.152	OK	1	37878.087	1.006	0.688	OK
24	Column_24	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	171.760	16.366	OK	1	Sí	799.565	10	57.962	13.795	OK	1	37878.087	1.007	0.489	OK
25	Column_25	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	160.778	15.319	OK	1	Sí	1627.692	10	57.962	28.082	OK	1	37878.087	1.006	0.766	OK
26	Column_26	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	146.611	13.970	OK	1	Sí	1629.077	10	57.962	28.106	OK	1	37878.087	1.006	0.749	OK
27	Column_27	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	168.956	16.099	OK	1	Sí	777.755	10	57.962	13.418	OK	1	37878.087	1.007	0.478	OK
28	Column_28	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	121.468	11.574	OK	1	Sí	777.755	10	57.962	13.418	OK	1	37878.087	1.005	0.420	OK
29	Column_29	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	102.837	9.799	OK	1	Sí	734.108	10	57.962	12.665	OK	1	37878.087	1.004	0.382	OK
30	Column_30	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	239.705	22.840	OK	1	Sí	777.007	10	57.962	13.405	OK	1	37878.087	1.010	0.564	OK
31	Column_31	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	166.783	15.892	OK	1	Sí	777.007	10	57.962	13.405	OK	1	37878.087	1.007	0.475	OK
32	Column_32	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	138.875	13.232	OK	1	Sí	777.007	10	57.962	13.405	OK	1	37878.087	1.006	0.441	OK
33	Column_33	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	221.589	21.114	OK	1	Sí	1329.541	10	57.962	22.938	OK	1	37878.087	1.009	0.737	OK
34	Column_34	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	190.174	18.120	OK	1	Sí	773.998	10	57.962	13.353	OK	1	37878.087	1.008	0.503	OK
35	Column_35	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	266.598	25.402	OK	1	Sí	804.499	10	57.962	13.880	OK	1	37878.087	1.011	0.607	OK
36	Column_36	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	241.472	23.008	OK	1	Sí	804.499	10	57.962	13.880	OK	1	37878.087	1.010	0.576	OK
37	Column_37	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	254.036	24.205	OK	1	Sí	1120.923	10	57.962	19.339	OK	1	37878.087	1.010	0.703	OK
43	Column_43	232.000	1	232.000	12	1	5600.761	21.488	3.842	60.387	80.052	Intermedia	532.980	29.945	OK	1	Sí	1256.859	12	100.159	12.549	OK	1	78544.001	1.010	0.638	OK
44	Column_44	232.000	1	232.000	12	1	5600.761	21.488	3.842	60.387	80.052	Intermedia	524.790	29.484	OK	1	Sí	1256.855	12	100.159	12.549	OK	1	78544.001	1.010	0.632	OK
45	Column_45	232.000	1	232.000	12	1	5600.761	21.488	3.842	60.387	80.052	Intermedia	506.919	28.480	OK	1	Sí	1256.856	12	100.159	12.549	OK	1	78544.001	1.010	0.619	OK
46	Column_46	232.000	1	232.000	12	1	5600.761	21.488	3.842	60.387	80.052	Intermedia	498.733	28.021	OK	1	Sí	1256.858	12	100.159	12.549	OK	1	78544.001	1.010	0.613	OK
240	Column_240	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	148.677	14.166	OK	1	Sí	862.423	10	57.962	14.879	OK	1	37878.087	1.006	0.483	OK
241	Column_241	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	168.472	16.053	OK	1	Sí	1209.911	10	57.962	20.874	OK	1	37878.087	1.007	0.629	OK
242	Column_242	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	199.710	19.029	OK	1	Sí	862.423	10	57.962	14.879	OK	1	37878.087	1.008	0.546	OK
243	Column_243	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	143.165	13.641	OK	1	Sí	836.256	10	57.962	14.428	OK	1	37878.087	1.006	0.467	OK

244	Column_244	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	205.640	19.594	OK	1	Sí	1428.238	10	57.962	24.641	OK	1	37878.087	1.008	0.752	OK
245	Column_245	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	160.022	15.247	OK	1	Sí	866.999	10	57.962	14.958	OK	1	37878.087	1.006	0.499	OK
246	Column_246	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	211.616	20.163	OK	1	Sí	866.999	10	57.962	14.958	OK	1	37878.087	1.008	0.562	OK
247	Column_247	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	180.377	17.187	OK	1	Sí	1214.088	10	57.962	20.946	OK	1	37878.087	1.007	0.645	OK
248	Column_248	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	157.201	14.979	OK	1	Sí	961.118	10	57.962	16.582	OK	1	37878.087	1.006	0.528	OK
249	Column_249	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	174.580	16.635	OK	1	Sí	1334.794	10	57.962	23.029	OK	1	37878.087	1.007	0.681	OK
250	Column_250	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	197.690	18.837	OK	1	Sí	961.118	10	57.962	16.582	OK	1	37878.087	1.008	0.578	OK
251	Column_251	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	144.096	13.730	OK	1	Sí	952.215	10	57.962	16.428	OK	1	37878.087	1.006	0.509	OK
252	Column_252	232.000	1	232.000	15	1	13673.733	33.576	4.802	48.310	80.052	Intermedia	200.050	6.532	OK	1	Sí	1591.345	15	195.623	8.135	OK	1	191757.814	1.002	0.248	OK
253	Column_253	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	131.012	12.483	OK	1	Sí	970.889	10	57.962	16.750	OK	1	37878.087	1.005	0.499	OK
254	Column_254	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	202.417	19.287	OK	1	Sí	970.889	10	57.962	16.750	OK	1	37878.087	1.008	0.587	OK
255	Column_255	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	162.372	15.471	OK	1	Sí	1420.166	10	57.962	24.502	OK	1	37878.087	1.006	0.696	OK
258	Column_258	232.000	1	232.000	12	1	5600.761	21.488	3.842	60.387	80.052	Intermedia	584.725	32.852	OK	1	Sí	1338.273	12	100.159	13.361	OK	1	78544.001	1.011	0.692	OK
259	Column_259	232.000	1	232.000	12	1	5600.761	21.488	3.842	60.387	80.052	Intermedia	564.255	31.702	OK	1	Sí	1299.335	12	100.159	12.973	OK	1	78544.001	1.011	0.669	OK
260	Column_260	232.000	1	232.000	12	1	5600.761	21.488	3.842	60.387	80.052	Intermedia	649.858	36.511	OK	1	Sí	1462.167	12	100.159	14.598	OK	1	78544.001	1.013	0.764	OK
261	Column_261	232.000	1	232.000	12	1	5600.761	21.488	3.842	60.387	80.052	Intermedia	629.387	35.361	OK	1	Sí	1423.229	12	100.159	14.210	OK	1	78544.001	1.012	0.741	OK
266	Column_266	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	214.771	20.464	OK	1	Sí	953.261	10	57.962	16.446	OK	1	37878.087	1.009	0.596	OK
267	Column_267	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	204.067	19.444	OK	1	Sí	1430.353	10	57.962	24.677	OK	1	37878.087	1.008	0.751	OK
268	Column_268	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	193.541	18.441	OK	1	Sí	953.261	10	57.962	16.446	OK	1	37878.087	1.008	0.570	OK
269	Column_269	232.000	1	232.000	15	1	13673.733	33.576	4.802	48.310	80.052	Intermedia	206.113	6.730	OK	1	Sí	1896.006	15	195.623	9.692	OK	1	191757.814	1.002	0.282	OK
270	Column_270	232.000	1	232.000	15	1	13673.733	33.576	4.802	48.310	80.052	Intermedia	188.414	6.152	OK	1	Sí	1897.481	15	195.623	9.700	OK	1	191757.814	1.001	0.275	OK
271	Column_271	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	202.124	19.259	OK	1	Sí	961.124	10	57.962	16.582	OK	1	37878.087	1.008	0.583	OK
272	Column_272	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	189.094	18.018	OK	1	Sí	961.124	10	57.962	16.582	OK	1	37878.087	1.008	0.567	OK
273	Column_273	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	186.749	17.794	OK	1	Sí	1630.764	10	57.962	28.135	OK	1	37878.087	1.007	0.800	OK
274	Column_274	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	266.406	25.384	OK	1	Sí	962.264	10	57.962	16.602	OK	1	37878.087	1.011	0.662	OK
275	Column_275	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	179.896	17.141	OK	1	Sí	1337.936	10	57.962	23.083	OK	1	37878.087	1.007	0.688	OK
276	Column_276	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	156.982	14.958	OK	1	Sí	962.264	10	57.962	16.602	OK	1	37878.087	1.006	0.528	OK
277	Column_277	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	282.005	26.870	OK	1	Sí	1589.716	10	57.962	27.427	OK	1	37878.087	1.011	0.903	OK
278	Column_278	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	111.480	10.622	OK	1	Sí	933.784	10	57.962	16.110	OK	1	37878.087	1.004	0.462	OK
279	Column_279	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	297.600	28.356	OK	1	Sí	938.283	10	57.962	16.188	OK	1	37878.087	1.012	0.692	OK
280	Column_280	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	124.581	11.871	OK	1	Sí	938.283	10	57.962	16.188	OK	1	37878.087	1.005	0.480	OK
281	Column_281	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	211.091	20.113	OK	1	Sí	938.283	10	57.962	16.188	OK	1	37878.087	1.008	0.586	OK
282	Column_282	232.000	1	232.000	12	1	5600.761	21.488	3.842	60.387	80.052	Intermedia	663.241	37.263	OK	1	Sí	1504.647	12	100.159	15.023	OK	1	78544.001	1.013	0.782	OK
283	Column_283	232.000	1	232.000	12	1	5600.761	21.488	3.842	60.387	80.052	Intermedia	655.053	36.803	OK	1	Sí	1504.644	12	100.159	15.023	OK	1	78544.001	1.013	0.776	OK
284	Column_284	232.000	1	232.000	12	1	5600.761	21.488	3.842	60.387	80.052	Intermedia	637.182	35.799	OK	1	Sí	1504.644	12	100.159	15.023	OK	1	78544.001	1.012	0.763	OK
285	Column_285	232.000	1	232.000	12	1	5600.761	21.488	3.842	60.387	80.052	Intermedia	628.993	35.339	OK	1	Sí	1504.646	12	100.159	15.023	OK	1	78544.001	1.012	0.757	OK
289	Column_289	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	206.014	19.630	OK	1	Sí	854.034	10	57.962	14.734	OK	1	37878.087	1.008	0.550	OK

290	Column_290	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	196.180	18.693	OK	1	Sí	1289.996	10	57.962	22.256	OK	1	37878.087	1.008	0.692	OK
291	Column_291	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	206.122	19.640	OK	1	Sí	854.034	10	57.962	14.734	OK	1	37878.087	1.008	0.550	OK
292	Column_292	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	211.764	20.178	OK	1	Sí	1718.836	10	57.962	29.654	OK	1	37878.087	1.008	0.862	OK
293	Column_293	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	211.716	20.173	OK	1	Sí	1718.756	10	57.962	29.653	OK	1	37878.087	1.008	0.861	OK
294	Column_294	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	219.443	20.909	OK	1	Sí	858.620	10	57.962	14.813	OK	1	37878.087	1.009	0.568	OK
295	Column_295	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	219.082	20.875	OK	1	Sí	858.620	10	57.962	14.813	OK	1	37878.087	1.009	0.568	OK
296	Column_296	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	219.249	20.891	OK	1	Sí	1296.680	10	57.962	22.371	OK	1	37878.087	1.009	0.722	OK
297	Column_297	232.000	1	232.000	12	1	5600.761	21.488	3.842	60.387	80.052	Intermedia	558.668	31.388	OK	1	Sí	1338.277	12	100.159	13.362	OK	1	78544.001	1.011	0.673	OK
298	Column_298	232.000	1	232.000	12	1	5600.761	21.488	3.842	60.387	80.052	Intermedia	543.763	30.550	OK	1	Sí	1309.951	12	100.159	13.079	OK	1	78544.001	1.010	0.656	OK
299	Column_299	232.000	1	232.000	12	1	5600.761	21.488	3.842	60.387	80.052	Intermedia	623.804	35.047	OK	1	Sí	1462.167	12	100.159	14.598	OK	1	78544.001	1.012	0.745	OK
300	Column_300	232.000	1	232.000	12	1	5600.761	21.488	3.842	60.387	80.052	Intermedia	603.334	33.897	OK	1	Sí	1423.228	12	100.159	14.210	OK	1	78544.001	1.012	0.722	OK
303	Column_303	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	237.716	22.650	OK	1	Sí	862.538	10	57.962	14.881	OK	1	37878.087	1.010	0.592	OK
304	Column_304	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	171.564	16.347	OK	1	Sí	1209.805	10	57.962	20.872	OK	1	37878.087	1.007	0.633	OK
305	Column_305	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	132.023	12.580	OK	1	Sí	862.538	10	57.962	14.881	OK	1	37878.087	1.005	0.463	OK
306	Column_306	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	231.918	22.098	OK	1	Sí	1427.257	10	57.962	24.624	OK	1	37878.087	1.009	0.784	OK
307	Column_307	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	135.184	12.881	OK	1	Sí	836.501	10	57.962	14.432	OK	1	37878.087	1.005	0.457	OK
308	Column_308	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	226.118	21.545	OK	1	Sí	866.785	10	57.962	14.954	OK	1	37878.087	1.009	0.579	OK
309	Column_309	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	145.378	13.852	OK	1	Sí	866.785	10	57.962	14.954	OK	1	37878.087	1.006	0.480	OK
310	Column_310	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	172.124	16.401	OK	1	Sí	1213.839	10	57.962	20.942	OK	1	37878.087	1.007	0.635	OK
311	Column_311	232.000	1	232.000	12	1	5600.761	21.488	3.842	60.387	80.052	Intermedia	532.619	29.924	OK	1	Sí	1338.273	12	100.159	13.361	OK	1	78544.001	1.010	0.654	OK
312	Column_312	232.000	1	232.000	12	1	5600.761	21.488	3.842	60.387	80.052	Intermedia	512.149	28.774	OK	1	Sí	1299.335	12	100.159	12.973	OK	1	78544.001	1.010	0.631	OK
313	Column_313	232.000	1	232.000	12	1	5600.761	21.488	3.842	60.387	80.052	Intermedia	597.752	33.584	OK	1	Sí	1462.167	12	100.159	14.598	OK	1	78544.001	1.012	0.726	OK
314	Column_314	232.000	1	232.000	12	1	5600.761	21.488	3.842	60.387	80.052	Intermedia	577.281	32.434	OK	1	Sí	1423.229	12	100.159	14.210	OK	1	78544.001	1.011	0.704	OK
322	Column_322	232.000	1	232.000	12	1	5600.761	21.488	3.842	60.387	80.052	Intermedia	598.114	33.604	OK	1	Sí	1380.752	12	100.159	13.786	OK	1	78544.001	1.012	0.710	OK
323	Column_323	232.000	1	232.000	12	1	5600.761	21.488	3.842	60.387	80.052	Intermedia	589.927	33.144	OK	1	Sí	1380.749	12	100.159	13.786	OK	1	78544.001	1.011	0.704	OK
324	Column_324	232.000	1	232.000	12	1	5600.761	21.488	3.842	60.387	80.052	Intermedia	572.062	32.140	OK	1	Sí	1380.751	12	100.159	13.786	OK	1	78544.001	1.011	0.691	OK
325	Column_325	232.000	1	232.000	12	1	5600.761	21.488	3.842	60.387	80.052	Intermedia	563.873	31.680	OK	1	Sí	1380.754	12	100.159	13.786	OK	1	78544.001	1.011	0.685	OK
352	Column_352	232.000	1	232.000	12	1	5600.761	21.488	3.842	60.387	80.052	Intermedia	513.979	28.877	OK	1	Sí	1203.761	12	100.159	12.018	OK	1	78544.001	1.010	0.613	OK
353	Column_353	232.000	1	232.000	12	1	5600.761	21.488	3.842	60.387	80.052	Intermedia	487.926	27.413	OK	1	Sí	1203.761	12	100.159	12.018	OK	1	78544.001	1.009	0.594	OK
354	Column_354	232.000	1	232.000	12	1	5600.761	21.488	3.842	60.387	80.052	Intermedia	674.008	37.868	OK	1	Sí	1557.743	12	100.159	15.553	OK	1	78544.001	1.013	0.801	OK
355	Column_355	232.000	1	232.000	12	1	5600.761	21.488	3.842	60.387	80.052	Intermedia	700.061	39.332	OK	1	Sí	1557.743	12	100.159	15.553	OK	1	78544.001	1.014	0.820	OK
380	Column_380	232.000	1	232.000	12	1	5600.761	21.488	3.842	60.387	80.052	Intermedia	534.834	30.049	OK	1	Sí	1309.963	12	100.159	13.079	OK	1	78544.001	1.010	0.650	OK
381	Column_381	232.000	1	232.000	12	1	5600.761	21.488	3.842	60.387	80.052	Intermedia	552.700	31.053	OK	1	Sí	1309.961	12	100.159	13.079	OK	1	78544.001	1.011	0.663	OK
1261	Column_1261	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	65.792	6.269	OK	1	Sí	415.958	10	57.962	7.176	OK	1	37878.087	1.003	0.225	OK
1262	Column_1262	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	69.192	6.593	OK	1	Sí	139.264	10	57.962	2.403	OK	1	37878.087	1.003	0.133	OK
1263	Column_1263	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	72.610	6.919	OK	1	Sí	415.958	10	57.962	7.176	OK	1	37878.087	1.003	0.234	OK
1264	Column_1264	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	83.765	7.981	OK	1	Sí	390.066	10	57.962	6.730	OK	1	37878.087	1.003	0.238	OK

1265	Column_1265	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	87.962	8.381	OK	1	Sí	513.899	10	57.962	8.866	OK	1	37878.087	1.003	0.287	OK
1266	Column_1266	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	105.375	10.040	OK	1	Sí	411.306	10	57.962	7.096	OK	1	37878.087	1.004	0.272	OK
1267	Column_1267	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	109.572	10.440	OK	1	Sí	411.306	10	57.962	7.096	OK	1	37878.087	1.004	0.277	OK
1268	Column_1268	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	107.473	10.240	OK	1	Sí	285.396	10	57.962	4.924	OK	1	37878.087	1.004	0.230	OK
1269	Column_1269	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	103.284	9.841	OK	1	Sí	411.373	10	57.962	7.097	OK	1	37878.087	1.004	0.269	OK
1270	Column_1270	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	107.102	10.205	OK	1	Sí	330.031	10	57.962	5.694	OK	1	37878.087	1.004	0.246	OK
1271	Column_1271	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	110.920	10.569	OK	1	Sí	411.373	10	57.962	7.097	OK	1	37878.087	1.004	0.279	OK
1272	Column_1272	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	120.959	11.525	OK	1	Sí	991.683	10	57.962	17.109	OK	1	37878.087	1.005	0.494	OK
1273	Column_1273	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	128.595	12.253	OK	1	Sí	993.396	10	57.962	17.139	OK	1	37878.087	1.005	0.504	OK
1274	Column_1274	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	138.634	13.210	OK	1	Sí	388.835	10	57.962	6.708	OK	1	37878.087	1.006	0.305	OK
1275	Column_1275	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	146.269	13.937	OK	1	Sí	388.835	10	57.962	6.708	OK	1	37878.087	1.006	0.314	OK
1276	Column_1276	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	142.452	13.573	OK	1	Sí	305.526	10	57.962	5.271	OK	1	37878.087	1.006	0.280	OK
1277	Column_1277	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	86.706	8.262	OK	1	Sí	392.972	10	57.962	6.780	OK	1	37878.087	1.003	0.243	OK
1278	Column_1278	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	81.754	7.790	OK	1	Sí	392.972	10	57.962	6.780	OK	1	37878.087	1.003	0.237	OK
1279	Column_1279	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	76.824	7.320	OK	1	Sí	392.972	10	57.962	6.780	OK	1	37878.087	1.003	0.231	OK
1280	Column_1280	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	89.089	8.489	OK	1	Sí	575.345	10	57.962	9.926	OK	1	37878.087	1.004	0.309	OK
1281	Column_1281	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	78.386	7.469	OK	1	Sí	368.038	10	57.962	6.350	OK	1	37878.087	1.003	0.224	OK
1282	Column_1282	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	94.346	8.990	OK	1	Sí	410.125	10	57.962	7.076	OK	1	37878.087	1.004	0.258	OK
1283	Column_1283	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	82.879	7.897	OK	1	Sí	410.125	10	57.962	7.076	OK	1	37878.087	1.003	0.244	OK
1284	Column_1284	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	88.487	8.431	OK	1	Sí	307.879	10	57.962	5.312	OK	1	37878.087	1.004	0.215	OK
1285	Column_1285	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	13.310	1.268	OK	1	Sí	247.134	10	57.962	4.264	OK	1	37878.087	1.001	0.102	OK
1286	Column_1286	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	1.784	0.170	OK	1	Sí	232.673	10	57.962	4.014	OK	1	37878.087	1.000	0.083	OK
1287	Column_1287	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	17.402	1.658	OK	1	Sí	234.598	10	57.962	4.047	OK	1	37878.087	1.001	0.103	OK
1288	Column_1288	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	39.555	3.769	OK	1	Sí	247.203	10	57.962	4.265	OK	1	37878.087	1.002	0.134	OK
1293	Column_1293	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	137.052	13.059	OK	1	Sí	414.314	10	57.962	7.148	OK	1	37878.087	1.005	0.312	OK
1294	Column_1294	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	132.958	12.669	OK	1	Sí	414.316	10	57.962	7.148	OK	1	37878.087	1.005	0.307	OK
1295	Column_1295	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	128.865	12.279	OK	1	Sí	414.314	10	57.962	7.148	OK	1	37878.087	1.005	0.302	OK
1296	Column_1296	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	137.257	13.078	OK	1	Sí	358.573	10	57.962	6.186	OK	1	37878.087	1.005	0.292	OK
1297	Column_1297	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	129.071	12.298	OK	1	Sí	692.446	10	57.962	11.946	OK	1	37878.087	1.005	0.399	OK
1298	Column_1298	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	137.462	13.098	OK	1	Sí	416.651	10	57.962	7.188	OK	1	37878.087	1.005	0.313	OK
1299	Column_1299	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	129.276	12.318	OK	1	Sí	416.651	10	57.962	7.188	OK	1	37878.087	1.005	0.303	OK
1300	Column_1300	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	133.369	12.708	OK	1	Sí	412.006	10	57.962	7.108	OK	1	37878.087	1.005	0.306	OK
1301	Column_1301	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	117.438	11.190	OK	1	Sí	496.743	10	57.962	8.570	OK	1	37878.087	1.005	0.317	OK
1302	Column_1302	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	124.949	11.906	OK	1	Sí	345.854	10	57.962	5.967	OK	1	37878.087	1.005	0.273	OK
1303	Column_1303	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	132.460	12.621	OK	1	Sí	496.743	10	57.962	8.570	OK	1	37878.087	1.005	0.335	OK
1304	Column_1304	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	90.518	8.625	OK	1	Sí	474.634	10	57.962	8.189	OK	1	37878.087	1.004	0.276	OK
1305	Column_1305	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	105.539	10.056	OK	1	Sí	621.541	10	57.962	10.723	OK	1	37878.087	1.004	0.346	OK

1306	Column_1306	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	66.647	6.350	OK	1	Sí	507.680	10	57.962	8.759	OK	1	37878.087	1.003	0.258	OK
1307	Column_1307	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	81.117	7.729	OK	1	Sí	507.680	10	57.962	8.759	OK	1	37878.087	1.003	0.276	OK
1308	Column_1308	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	73.688	7.021	OK	1	Sí	166.235	10	57.962	2.868	OK	1	37878.087	1.003	0.148	OK
1309	Column_1309	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	320.215	30.511	OK	1	Sí	696.564	10	57.962	12.018	OK	1	37878.087	1.013	0.635	OK
1310	Column_1310	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	348.358	33.193	OK	1	Sí	664.779	10	57.962	11.469	OK	1	37878.087	1.014	0.658	OK
1311	Column_1311	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	350.850	33.430	OK	1	Sí	710.865	10	57.962	12.264	OK	1	37878.087	1.014	0.677	OK
1312	Column_1312	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	329.167	31.364	OK	1	Sí	728.197	10	57.962	12.563	OK	1	37878.087	1.013	0.657	OK
1317	Column_1317	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	169.760	16.175	OK	1	Sí	491.457	10	57.962	8.479	OK	1	37878.087	1.007	0.379	OK
1318	Column_1318	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	173.571	16.538	OK	1	Sí	613.166	10	57.962	10.579	OK	1	37878.087	1.007	0.426	OK
1319	Column_1319	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	177.383	16.902	OK	1	Sí	491.457	10	57.962	8.479	OK	1	37878.087	1.007	0.388	OK
1320	Column_1320	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	148.158	14.117	OK	1	Sí	1054.345	10	57.962	18.190	OK	1	37878.087	1.006	0.550	OK
1321	Column_1321	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	155.782	14.843	OK	1	Sí	1056.253	10	57.962	18.223	OK	1	37878.087	1.006	0.560	OK
1322	Column_1322	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	126.557	12.059	OK	1	Sí	498.921	10	57.962	8.608	OK	1	37878.087	1.005	0.328	OK
1323	Column_1323	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	134.180	12.785	OK	1	Sí	498.921	10	57.962	8.608	OK	1	37878.087	1.005	0.338	OK
1324	Column_1324	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	130.368	12.422	OK	1	Sí	349.962	10	57.962	6.038	OK	1	37878.087	1.005	0.281	OK
1325	Column_1325	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	113.999	10.862	OK	1	Sí	497.183	10	57.962	8.578	OK	1	37878.087	1.005	0.313	OK
1326	Column_1326	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	102.753	9.791	OK	1	Sí	347.144	10	57.962	5.989	OK	1	37878.087	1.004	0.246	OK
1327	Column_1327	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	92.370	8.801	OK	1	Sí	497.183	10	57.962	8.578	OK	1	37878.087	1.004	0.286	OK
1328	Column_1328	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	107.294	10.223	OK	1	Sí	657.549	10	57.962	11.344	OK	1	37878.087	1.004	0.361	OK
1329	Column_1329	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	85.664	8.162	OK	1	Sí	455.522	10	57.962	7.859	OK	1	37878.087	1.003	0.263	OK
1330	Column_1330	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	100.588	9.584	OK	1	Sí	479.821	10	57.962	8.278	OK	1	37878.087	1.004	0.290	OK
1331	Column_1331	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	79.708	7.595	OK	1	Sí	479.821	10	57.962	8.278	OK	1	37878.087	1.003	0.265	OK
1332	Column_1332	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	89.342	8.513	OK	1	Sí	479.821	10	57.962	8.278	OK	1	37878.087	1.004	0.276	OK
1333	Column_1333	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	10.073	0.960	OK	1	Sí	270.680	10	57.962	4.670	OK	1	37878.087	1.000	0.107	OK
1334	Column_1334	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	15.707	1.497	OK	1	Sí	255.760	10	57.962	4.413	OK	1	37878.087	1.001	0.108	OK
1335	Column_1335	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	26.381	2.514	OK	1	Sí	258.685	10	57.962	4.463	OK	1	37878.087	1.001	0.122	OK
1336	Column_1336	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	51.469	4.904	OK	1	Sí	270.935	10	57.962	4.674	OK	1	37878.087	1.002	0.157	OK
1340	Column_1340	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	187.313	17.848	OK	1	Sí	407.786	10	57.962	7.035	OK	1	37878.087	1.007	0.371	OK
1341	Column_1341	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	186.311	17.752	OK	1	Sí	765.849	10	57.962	13.213	OK	1	37878.087	1.007	0.495	OK
1342	Column_1342	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	185.309	17.657	OK	1	Sí	407.786	10	57.962	7.035	OK	1	37878.087	1.007	0.368	OK
1343	Column_1343	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	194.911	18.572	OK	1	Sí	1111.821	10	57.962	19.182	OK	1	37878.087	1.008	0.627	OK
1344	Column_1344	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	192.906	18.381	OK	1	Sí	1111.513	10	57.962	19.176	OK	1	37878.087	1.008	0.625	OK
1345	Column_1345	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	202.508	19.296	OK	1	Sí	410.412	10	57.962	7.081	OK	1	37878.087	1.008	0.390	OK
1346	Column_1346	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	200.504	19.105	OK	1	Sí	410.412	10	57.962	7.081	OK	1	37878.087	1.008	0.388	OK
1347	Column_1347	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	201.506	19.200	OK	1	Sí	680.081	10	57.962	11.733	OK	1	37878.087	1.008	0.484	OK
1349	Column_1349	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	213.031	20.298	OK	1	Sí	664.173	10	57.962	11.459	OK	1	37878.087	1.009	0.492	OK
1350	Column_1350	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	224.976	21.436	OK	1	Sí	740.303	10	57.962	12.772	OK	1	37878.087	1.009	0.534	OK

1351	Column_1351	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	254.915	24.289	OK	1	Sí	749.650	10	57.962	12.933	OK	1	37878.087	1.010	0.573	OK
1354	Column_1354	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	120.605	11.492	OK	1	Sí	414.538	10	57.962	7.152	OK	1	37878.087	1.005	0.292	OK
1355	Column_1355	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	125.677	11.975	OK	1	Sí	412.229	10	57.962	7.112	OK	1	37878.087	1.005	0.297	OK
1356	Column_1356	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	130.750	12.458	OK	1	Sí	414.538	10	57.962	7.152	OK	1	37878.087	1.005	0.304	OK
1357	Column_1357	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	120.796	11.510	OK	1	Sí	689.563	10	57.962	11.897	OK	1	37878.087	1.005	0.388	OK
1358	Column_1358	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	130.942	12.477	OK	1	Sí	359.106	10	57.962	6.196	OK	1	37878.087	1.005	0.285	OK
1359	Column_1359	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	120.988	11.528	OK	1	Sí	416.316	10	57.962	7.183	OK	1	37878.087	1.005	0.293	OK
1360	Column_1360	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	131.133	12.495	OK	1	Sí	416.316	10	57.962	7.183	OK	1	37878.087	1.005	0.305	OK
1361	Column_1361	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	126.061	12.011	OK	1	Sí	410.358	10	57.962	7.080	OK	1	37878.087	1.005	0.297	OK
1362	Column_1362	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	331.944	31.629	OK	1	Sí	694.319	10	57.962	11.979	OK	1	37878.087	1.013	0.648	OK
1363	Column_1363	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	362.925	34.581	OK	1	Sí	666.047	10	57.962	11.491	OK	1	37878.087	1.015	0.676	OK
1364	Column_1364	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	356.774	33.995	OK	1	Sí	711.554	10	57.962	12.276	OK	1	37878.087	1.014	0.685	OK
1365	Column_1365	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	343.152	32.697	OK	1	Sí	728.447	10	57.962	12.568	OK	1	37878.087	1.014	0.674	OK
1369	Column_1369	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	6.884	0.656	OK	1	Sí	408.961	10	57.962	7.056	OK	1	37878.087	1.000	0.151	OK
1372	Column_1372	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	23.890	2.276	OK	1	Sí	393.254	10	57.962	6.785	OK	1	37878.087	1.001	0.166	OK
1373	Column_1373	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	30.265	2.884	OK	1	Sí	391.733	10	57.962	6.758	OK	1	37878.087	1.001	0.174	OK
1374	Column_1374	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	47.731	4.548	OK	1	Sí	407.678	10	57.962	7.033	OK	1	37878.087	1.002	0.200	OK
1561	Column_1561	232.000	1	232.000	15	1	13673.733	33.576	4.802	48.310	80.052	Intermedia	161.495	5.273	OK	1	Sí	1763.122	15	195.623	9.013	OK	1	191757.814	1.001	0.250	OK
1562	Column_1562	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	98.028	9.340	OK	1	Sí	823.221	10	57.962	14.203	OK	1	37878.087	1.004	0.407	OK
1563	Column_1563	232.000	1	232.000	15	1	13673.733	33.576	4.802	48.310	80.052	Intermedia	195.391	6.380	OK	1	Sí	2141.673	15	195.623	10.948	OK	1	191757.814	1.002	0.303	OK
1564	Column_1564	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	151.970	14.480	OK	1	Sí	1352.185	10	57.962	23.329	OK	1	37878.087	1.006	0.659	OK
1565	Column_1565	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	195.494	18.627	OK	1	Sí	1766.735	10	57.962	30.481	OK	1	37878.087	1.008	0.858	OK
1566	Column_1566	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	96.048	9.152	OK	1	Sí	865.406	10	57.962	14.930	OK	1	37878.087	1.004	0.420	OK
1567	Column_1567	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	174.391	16.617	OK	1	Sí	1585.872	10	57.962	27.360	OK	1	37878.087	1.007	0.769	OK
1568	Column_1568	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	133.164	12.688	OK	1	Sí	879.791	10	57.962	15.179	OK	1	37878.087	1.005	0.470	OK
1569	Column_1569	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	202.613	19.306	OK	1	Sí	1945.643	10	57.962	33.567	OK	1	37878.087	1.008	0.930	OK
1570	Column_1570	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	193.909	18.476	OK	1	Sí	1392.958	10	57.962	24.032	OK	1	37878.087	1.008	0.725	OK
1571	Column_1571	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	165.898	15.807	OK	1	Sí	1585.119	10	57.962	27.347	OK	1	37878.087	1.007	0.758	OK
1572	Column_1572	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	125.869	11.993	OK	1	Sí	877.888	10	57.962	15.146	OK	1	37878.087	1.005	0.460	OK
1573	Column_1573	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	159.014	15.151	OK	1	Sí	1453.145	10	57.962	25.070	OK	1	37878.087	1.006	0.703	OK
1574	Column_1574	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	85.863	8.181	OK	1	Sí	680.613	10	57.962	11.742	OK	1	37878.087	1.003	0.342	OK
1575	Column_1575	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	131.756	12.554	OK	1	Sí	1847.220	10	57.962	31.869	OK	1	37878.087	1.005	0.808	OK
1576	Column_1576	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	124.777	11.889	OK	1	Sí	1260.894	10	57.962	21.754	OK	1	37878.087	1.005	0.593	OK
1577	Column_1577	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	202.737	19.317	OK	1	Sí	1478.942	10	57.962	25.516	OK	1	37878.087	1.008	0.766	OK
1578	Column_1578	232.000	1	232.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	72.465	80.052	Intermedia	83.230	7.930	OK	1	Sí	751.728	10	57.962	12.969	OK	1	37878.087	1.003	0.364	OK
356	Beam_356	150.000	1	150.000	15	3	41021.199	100.727	20.180	7.433	80.052	Corta	835.895	8.299	OK	1	Sí	7300.257	15	195.623	37.318	OK	1	1376156.343	1.001	0.861	OK
358	Beam_358	120.000	1	120.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	5.946	80.052	Corta	636.429	9.478	OK	1	Sí	5548.854	15	195.623	28.365	OK	1	1433496.190	1.001	0.695	OK

359	Beam_359	120.000	1	120.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	5.946	80.052	Corta	667.997	9.948	OK	1	Sí	5093.140	15	195.623	26.035	OK	1	1433496.190	1.001	0.653	OK
362	Beam_362	120.000	1	120.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	5.946	80.052	Corta	0.001	0.000	OK	1	Sí	2138.436	15	195.623	10.931	OK	1	1433496.190	1.000	0.221	OK
363	Beam_363	120.000	1	120.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	5.946	80.052	Corta	0.000	0.000	OK	1	Sí	2138.436	15	195.623	10.931	OK	1	1433496.190	1.000	0.221	OK
364	Beam_364	120.000	1	120.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	5.946	80.052	Corta	0.001	0.000	OK	1	Sí	2138.423	15	195.623	10.931	OK	1	1433496.190	1.000	0.221	OK
365	Beam_365	120.000	1	120.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	5.946	80.052	Corta	0.008	0.000	OK	1	Sí	2121.965	15	195.623	10.847	OK	1	1433496.190	1.000	0.219	OK
366	Beam_366	120.000	1	120.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	5.946	80.052	Corta	648.557	9.658	OK	1	Sí	5263.839	15	195.623	26.908	OK	1	1433496.190	1.001	0.667	OK
367	Beam_367	120.000	1	120.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	5.946	80.052	Corta	0.008	0.000	OK	1	Sí	2121.909	15	195.623	10.847	OK	1	1433496.190	1.000	0.219	OK
368	Beam_368	120.000	1	120.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	5.946	80.052	Corta	0.001	0.000	OK	1	Sí	2138.423	15	195.623	10.931	OK	1	1433496.190	1.000	0.221	OK
369	Beam_369	120.000	1	120.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	5.946	80.052	Corta	0.000	0.000	OK	1	Sí	2138.436	15	195.623	10.931	OK	1	1433496.190	1.000	0.221	OK
370	Beam_370	120.000	1	120.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	5.946	80.052	Corta	0.000	0.000	OK	1	Sí	2138.436	15	195.623	10.931	OK	1	1433496.190	1.000	0.221	OK
371	Beam_371	120.000	1	120.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	5.946	80.052	Corta	0.001	0.000	OK	1	Sí	2138.423	15	195.623	10.931	OK	1	1433496.190	1.000	0.221	OK
372	Beam_372	120.000	1	120.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	5.946	80.052	Corta	0.006	0.000	OK	1	Sí	2121.938	15	195.623	10.847	OK	1	1433496.190	1.000	0.219	OK
373	Beam_373	120.000	1	120.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	5.946	80.052	Corta	771.108	11.483	OK	1	Sí	5699.544	15	195.623	29.135	OK	1	1433496.190	1.001	0.736	OK
374	Beam_374	350.000	1	350.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	17.344	80.052	Corta	0.001	0.000	OK	1	Sí	1210.808	15	195.623	6.189	OK	1	168508.940	1.000	0.125	OK
375	Beam_375	350.000	1	350.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	17.344	80.052	Corta	0.001	0.000	OK	1	Sí	2400.606	15	195.623	12.272	OK	1	168508.940	1.000	0.248	OK
376	Beam_376	350.000	1	350.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	17.344	80.052	Corta	0.010	0.000	OK	1	Sí	1989.739	15	195.623	10.171	OK	1	168508.940	1.000	0.206	OK
377	Beam_377	350.000	1	350.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	17.344	80.052	Corta	0.001	0.000	OK	1	Sí	1210.823	15	195.623	6.190	OK	1	168508.940	1.000	0.125	OK
378	Beam_378	350.000	1	350.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	17.344	80.052	Corta	0.000	0.000	OK	1	Sí	2400.535	15	195.623	12.271	OK	1	168508.940	1.000	0.248	OK
379	Beam_379	350.000	1	350.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	17.344	80.052	Corta	0.005	0.000	OK	1	Sí	1989.746	15	195.623	10.171	OK	1	168508.940	1.000	0.206	OK
384	Beam_384	120.000	1	120.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	5.946	80.052	Corta	724.366	10.787	OK	1	Sí	5832.563	15	195.623	29.815	OK	1	1433496.190	1.001	0.741	OK
386	Beam_386	150.000	1	150.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	7.433	80.052	Corta	10.033	0.149	OK	1	Sí	2516.387	15	195.623	12.863	OK	1	917437.562	1.000	0.262	OK
387	Beam_387	230.000	1	230.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	11.397	80.052	Corta	0.002	0.000	OK	1	Sí	2014.876	15	195.623	10.300	OK	1	390214.464	1.000	0.208	OK
388	Beam_388	230.000	1	230.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	11.397	80.052	Corta	0.000	0.000	OK	1	Sí	2033.407	15	195.623	10.395	OK	1	390214.464	1.000	0.210	OK
389	Beam_389	230.000	1	230.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	11.397	80.052	Corta	0.004	0.000	OK	1	Sí	1986.350	15	195.623	10.154	OK	1	390214.464	1.000	0.205	OK
390	Beam_390	230.000	1	230.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	11.397	80.052	Corta	0.001	0.000	OK	1	Sí	2012.304	15	195.623	10.287	OK	1	390214.464	1.000	0.208	OK
1380	Beam_1380	120.000	1	120.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	5.946	80.052	Corta	113.826	1.695	OK	1	Sí	1948.477	15	195.623	9.960	OK	1	1433496.190	1.000	0.223	OK
1381	Beam_1381	120.000	1	120.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	5.946	80.052	Corta	136.437	2.032	OK	1	Sí	2116.673	15	195.623	10.820	OK	1	1433496.190	1.000	0.245	OK
1382	Beam_1382	120.000	1	120.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	5.946	80.052	Corta	93.262	1.389	OK	1	Sí	1524.022	15	195.623	7.791	OK	1	1433496.190	1.000	0.175	OK
1389	Beam_1389	120.000	1	120.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	5.946	80.052	Corta	10.362	0.154	OK	1	Sí	690.503	15	195.623	3.530	OK	1	1433496.190	1.000	0.073	OK
1392	Beam_1392	120.000	1	120.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	5.946	80.052	Corta	3.325	0.050	OK	1	Sí	690.107	15	195.623	3.528	OK	1	1433496.190	1.000	0.072	OK
1394	Beam_1394	120.000	1	120.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	5.946	80.052	Corta	11.741	0.175	OK	1	Sí	599.597	15	195.623	3.065	OK	1	1433496.190	1.000	0.064	OK
1395	Beam_1395	120.000	1	120.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	5.946	80.052	Corta	14.046	0.209	OK	1	Sí	582.834	15	195.623	2.979	OK	1	1433496.190	1.000	0.063	OK
1406	Beam_1406	120.000	1	120.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	5.946	80.052	Corta	0.001	0.000	OK	1	Sí	279.295	15	195.623	1.428	OK	1	1433496.190	1.000	0.029	OK
1407	Beam_1407	120.000	1	120.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	5.946	80.052	Corta	0.001	0.000	OK	1	Sí	279.295	15	195.623	1.428	OK	1	1433496.190	1.000	0.029	OK
1423	Beam_1423	150.000	1	150.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	7.433	80.052	Corta	0.001	0.000	OK	1	Sí	229.214	15	195.623	1.172	OK	1	917437.562	1.000	0.024	OK
1467	Beam_1467	120.000	1	120.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	5.946	80.052	Corta	67.840	1.010	OK	1	Sí	1438.149	15	195.623	7.352	OK	1	1433496.190	1.000	0.161	OK
1468	Beam_1468	120.000	1	120.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	5.946	80.052	Corta	17.380	0.259	OK	1	Sí	1178.291	15	195.623	6.023	OK	1	1433496.190	1.000	0.125	OK

1469	Beam_1469	120.000	1	120.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	5.946	80.052	Corta	11.640	0.173	OK	1	Sí	1146.346	15	195.623	5.860	OK	1	1433496.190	1.000	0.121	OK
1470	Beam_1470	120.000	1	120.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	5.946	80.052	Corta	11.621	0.173	OK	1	Sí	1153.079	15	195.623	5.894	OK	1	1433496.190	1.000	0.121	OK
1471	Beam_1471	120.000	1	120.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	5.946	80.052	Corta	17.028	0.254	OK	1	Sí	1142.550	15	195.623	5.841	OK	1	1433496.190	1.000	0.121	OK
1472	Beam_1472	120.000	1	120.000	15	2	27347.466	67.152	20.180	5.946	80.052	Corta	71.232	1.061	OK	1	Sí	1417.889	15	195.623	7.248	OK	1	1433496.190	1.000	0.160	OK
184	Barra de madera_184	120.000	1	120.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	37.482	80.052	Intermedia	146.231	10.219	OK	1	Sí	1002.529	10	57.962	17.296	OK	1	141579.871	1.002	0.480	OK
185	Barra de madera_185	120.000	1	120.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	37.482	80.052	Intermedia	136.646	9.549	OK	1	Sí	1034.288	10	57.962	17.844	OK	1	141579.871	1.001	0.483	OK
186	Barra de madera_186	150.000	1	150.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	46.852	80.052	Intermedia	196.414	14.310	OK	1	Sí	2305.253	10	57.962	39.772	OK	1	90611.117	1.003	0.989	OK
187	Barra de madera_187	170.000	1	170.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	53.099	80.052	Intermedia	357.717	27.140	OK	1	Sí	671.450	10	57.962	11.584	OK	1	70544.987	1.008	0.582	OK
204	Barra de madera_204	120.000	1	120.000	15	1	13673.733	33.576	4.802	24.988	80.052	Corta	124.263	3.701	OK	1	Sí	1987.138	15	195.623	10.158	OK	1	716748.095	1.000	0.253	OK
205	Barra de madera_205	120.000	1	120.000	15	1	13673.733	33.576	4.802	24.988	80.052	Corta	109.178	3.252	OK	1	Sí	2036.808	15	195.623	10.412	OK	1	716748.095	1.000	0.252	OK
206	Barra de madera_206	150.000	1	150.000	12	1	5600.761	21.488	3.842	39.043	80.052	Intermedia	310.268	15.141	OK	1	Sí	2531.514	12	100.159	25.275	OK	1	187891.213	1.002	0.705	OK
207	Barra de madera_207	170.000	1	170.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	53.099	80.052	Intermedia	186.317	14.136	OK	1	Sí	654.830	10	57.962	11.298	OK	1	70544.987	1.004	0.409	OK
224	Barra de madera_224	120.000	1	120.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	37.482	80.052	Intermedia	183.563	12.828	OK	1	Sí	984.810	10	57.962	16.991	OK	1	141579.871	1.002	0.508	OK
225	Barra de madera_225	120.000	1	120.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	37.482	80.052	Intermedia	181.585	12.689	OK	1	Sí	1017.101	10	57.962	17.548	OK	1	141579.871	1.002	0.517	OK
226	Barra de madera_226	150.000	1	150.000	12	1	5600.761	21.488	3.842	39.043	80.052	Intermedia	216.196	10.551	OK	1	Sí	2420.825	12	100.159	24.170	OK	1	187891.213	1.002	0.624	OK
227	Barra de madera_227	170.000	1	170.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	53.099	80.052	Intermedia	280.503	21.282	OK	1	Sí	696.756	10	57.962	12.021	OK	1	70544.987	1.006	0.516	OK
264	Barra de madera_264	120.000	1	120.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	37.482	80.052	Intermedia	188.042	13.141	OK	1	Sí	1034.919	10	57.962	17.855	OK	1	141579.871	1.002	0.529	OK
317	Barra de madera_317	120.000	1	120.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	37.482	80.052	Intermedia	23.650	1.653	OK	1	Sí	695.986	10	57.962	12.008	OK	1	141579.871	1.000	0.264	OK
318	Barra de madera_318	120.000	1	120.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	37.482	80.052	Intermedia	7.039	0.492	OK	1	Sí	680.782	10	57.962	11.745	OK	1	141579.871	1.000	0.244	OK
326	Barra de madera_326	256.757	1	256.757	15	1	13673.733	33.576	4.802	53.465	80.052	Intermedia	1535.745	51.928	OK	1	Sí	1010.386	15	195.623	5.165	OK	1	156561.686	1.015	0.767	OK
327	Barra de madera_327	256.757	1	256.757	15	2	27347.466	67.152	20.180	12.723	80.052	Corta	556.480	8.287	OK	1	Sí	1290.320	15	195.623	6.596	OK	1	313123.372	1.003	0.239	OK
328	Barra de madera_328	256.757	1	256.757	15	1	13673.733	33.576	4.802	53.465	80.052	Intermedia	1582.678	53.515	OK	1	Sí	1292.258	15	195.623	6.606	OK	1	156561.686	1.015	0.817	OK
329	Barra de madera_329	256.757	1	256.757	15	2	27347.466	67.152	20.180	12.723	80.052	Corta	524.010	7.803	OK	1	Sí	1026.199	15	195.623	5.246	OK	1	313123.371	1.003	0.206	OK
330	Barra de madera_330	256.757	1	256.757	15	1	13673.733	33.576	4.802	53.465	80.052	Intermedia	1727.303	58.405	OK	1	Sí	1094.359	15	195.623	5.594	OK	1	156561.686	1.017	0.859	OK
331	Barra de madera_331	256.757	1	256.757	15	2	27347.466	67.152	20.180	12.723	80.052	Corta	620.585	9.242	OK	1	Sí	1350.815	15	195.623	6.905	OK	1	313123.371	1.003	0.258	OK
332	Barra de madera_332	256.757	1	256.757	14	1	10376.101	29.248	4.482	57.284	80.052	Intermedia	1770.296	70.921	OK	1	Sí	1351.983	14	159.049	8.500	OK	1	118804.419	1.023	1.079	Rediseño
333	Barra de madera_333	256.757	1	256.757	15	2	27347.466	67.152	20.180	12.723	80.052	Corta	590.103	8.788	OK	1	Sí	1093.238	15	195.623	5.588	OK	1	313123.371	1.003	0.225	OK
334	Barra de madera_334	256.757	1	256.757	15	2	27347.466	67.152	20.180	12.723	80.052	Corta	1903.675	28.349	OK	1	Sí	1221.709	15	195.623	6.245	OK	1	313123.371	1.009	0.488	OK
335	Barra de madera_335	256.757	1	256.757	15	2	27347.466	67.152	20.180	12.723	80.052	Corta	650.563	9.688	OK	1	Sí	1496.414	15	195.623	7.649	OK	1	313123.371	1.003	0.279	OK
336	Barra de madera_336	256.757	1	256.757	15	1	13673.733	33.576	4.802	53.465	80.052	Intermedia	1948.457	65.883	OK	1	Sí	1493.241	15	195.623	7.633	OK	1	156561.686	1.019	0.996	OK
337	Barra de madera_337	256.757	1	256.757	15	2	27347.466	67.152	20.180	12.723	80.052	Corta	596.096	8.877	OK	1	Sí	1228.399	15	195.623	6.279	OK	1	313123.371	1.003	0.240	OK
338	Barra de madera_338	256.757	1	256.757	15	2	27347.466	67.152	20.180	12.723	80.052	Corta	610.636	9.093	OK	1	Sí	1104.700	15	195.623	5.647	OK	1	313123.371	1.003	0.230	OK
341	Barra de madera_341	256.757	1	256.757	15	2	27347.466	67.152	20.180	12.723	80.052	Corta	1894.991	28.220	OK	1	Sí	1296.348	15	195.623	6.627	OK	1	313123.371	1.009	0.495	OK
342	Barra de madera_342	256.757	1	256.757	15	2	27347.466	67.152	20.180	12.723	80.052	Corta	634.694	9.452	OK	1	Sí	1318.190	15	195.623	6.738	OK	1	313123.371	1.003	0.257	OK
343	Barra de madera_343	256.757	1	256.757	15	2	27347.466	67.152	20.180	12.723	80.052	Corta	1852.784	27.591	OK	1	Sí	1075.616	15	195.623	5.498	OK	1	313123.371	1.009	0.464	OK
345	Barra de madera_345	256.757	1	256.757	15	1	13673.733	33.576	4.802	53.465	80.052	Intermedia	1738.212	58.774	OK	1	Sí	1089.744	15	195.623	5.571	OK	1	156561.686	1.017	0.863	OK
346	Barra de madera_346	256.757	1	256.757	15	2	27347.466	67.152	20.180	12.723	80.052	Corta	578.794	8.619	OK	1	Sí	1099.141	15	195.623	5.619	OK	1	313123.371	1.003	0.224	OK

347	Barra de madera_347	256.757	1	256.757	15	1	13673.733	33.576	4.802	53.465	80.052	Intermedia	1641.746	55.512	OK	1	Sí	926.425	15	195.623	4.736	OK	1	156561.686	1.016	0.804	OK
348	Barra de madera_348	256.757	1	256.757	15	2	27347.466	67.152	20.180	12.723	80.052	Corta	462.466	6.887	OK	1	Sí	855.963	15	195.623	4.376	OK	1	313123.371	1.002	0.176	OK
349	Barra de madera_349	256.757	1	256.757	15	1	13673.733	33.576	4.802	53.465	80.052	Intermedia	1484.688	50.201	OK	1	Sí	983.550	15	195.623	5.028	OK	1	156561.686	1.014	0.742	OK
350	Barra de madera_350	256.757	1	256.757	15	2	27347.466	67.152	20.180	12.723	80.052	Corta	497.047	7.402	OK	1	Sí	1005.562	15	195.623	5.140	OK	1	313123.371	1.002	0.198	OK
351	Barra de madera_351	256.757	1	256.757	15	1	13673.733	33.576	4.802	53.465	80.052	Intermedia	1395.053	47.170	OK	1	Sí	826.029	15	195.623	4.223	OK	1	156561.686	1.014	0.687	OK
1289	Barra de madera_1289	256.757	1	256.757	10	1	2700.984	14.923	3.202	80.197	80.052	Larga	258.091	39.241	OK	1	Sí	317.180	10	57.962	5.472	OK	1	30925.765	1.013	0.612	OK
1290	Barra de madera_1290	256.757	1	256.757	10	1	2700.984	14.923	3.202	80.197	80.052	Larga	43.473	39.241	OK	1	Sí	535.045	10	57.962	9.231	OK	1	30925.765	1.002	0.687	OK
1291	Barra de madera_1291	256.757	1	256.757	10	1	2700.984	14.923	3.202	80.197	80.052	Larga	310.763	39.241	OK	1	Sí	533.358	10	57.962	9.202	OK	1	30925.765	1.015	0.689	OK
1292	Barra de madera_1292	256.757	1	256.757	10	1	2700.984	14.923	3.202	80.197	80.052	Larga	42.702	39.241	OK	1	Sí	332.465	10	57.962	5.736	OK	1	30925.765	1.002	0.616	OK
1313	Barra de madera_1313	256.757	1	256.757	10	1	2700.984	14.923	3.202	80.197	80.052	Larga	496.140	39.241	OK	1	Sí	449.519	10	57.962	7.755	OK	1	30925.765	1.025	0.660	OK
1314	Barra de madera_1314	256.757	1	256.757	15	2	27347.466	67.152	20.180	12.723	80.052	Corta	109.401	1.629	OK	1	Sí	646.632	15	195.623	3.305	OK	1	313123.371	1.001	0.088	OK
1315	Barra de madera_1315	256.757	1	256.757	10	1	2700.984	14.923	3.202	80.197	80.052	Larga	526.575	39.241	OK	1	Sí	647.975	10	57.962	11.179	OK	1	30925.765	1.026	0.732	OK
1316	Barra de madera_1316	256.757	1	256.757	15	2	27347.466	67.152	20.180	12.723	80.052	Corta	104.944	1.563	OK	1	Sí	447.942	15	195.623	2.290	OK	1	313123.371	1.001	0.066	OK
1337	Barra de madera_1337	256.757	1	256.757	10	1	2700.984	14.923	3.202	80.197	80.052	Larga	310.202	39.241	OK	1	Sí	370.968	10	57.962	6.400	OK	1	30925.765	1.015	0.631	OK
1338	Barra de madera_1338	256.757	1	256.757	10	1	2700.984	14.923	3.202	80.197	80.052	Larga	59.317	39.241	OK	1	Sí	565.396	10	57.962	9.755	OK	1	30925.765	1.003	0.698	OK
1339	Barra de madera_1339	256.757	1	256.757	10	1	2700.984	14.923	3.202	80.197	80.052	Larga	350.539	39.241	OK	1	Sí	562.167	10	57.962	9.699	OK	1	30925.765	1.017	0.699	OK
1352	Barra de madera_1352	256.757	1	256.757	10	1	2700.984	14.923	3.202	80.197	80.052	Larga	56.864	39.241	OK	1	Sí	374.713	10	57.962	6.465	OK	1	30925.765	1.003	0.631	OK
1353	Barra de madera_1353	256.757	1	256.757	15	1	13673.733	33.576	4.802	53.465	80.052	Intermedia	47.148	1.594	OK	1	Sí	375.398	15	195.623	1.919	OK	1	156561.686	1.000	0.059	OK
1366	Barra de madera_1366	256.757	1	256.757	10	1	2700.984	14.923	3.202	80.197	80.052	Larga	395.429	39.241	OK	1	Sí	559.474	10	57.962	9.652	OK	1	30925.765	1.020	0.699	OK
1367	Barra de madera_1367	256.757	1	256.757	15	1	13673.733	33.576	4.802	53.465	80.052	Intermedia	47.857	1.618	OK	1	Sí	554.073	15	195.623	2.832	OK	1	156561.686	1.000	0.078	OK
1368	Barra de madera_1368	256.757	1	256.757	10	1	2700.984	14.923	3.202	80.197	80.052	Larga	380.874	39.241	OK	1	Sí	364.694	10	57.962	6.292	OK	1	30925.765	1.019	0.629	OK
1371	Barra de madera_1371	256.757	1	256.757	15	2	27347.466	67.152	20.180	12.723	80.052	Corta	245.216	3.652	OK	1	Sí	727.819	15	195.623	3.721	OK	1	313123.371	1.001	0.122	OK
1375	Barra de madera_1375	256.757	1	256.757	10	1	2700.984	14.923	3.202	80.197	80.052	Larga	779.226	39.241	OK	1	Sí	611.940	10	57.962	10.558	OK	1	30925.765	1.039	0.722	OK
1376	Barra de madera_1376	256.757	1	256.757	10	1	2700.984	14.923	3.202	80.197	80.052	Larga	100.457	39.241	OK	1	Sí	314.850	10	57.962	5.432	OK	1	30925.765	1.005	0.610	OK
1377	Barra de madera_1377	256.757	1	256.757	10	1	2700.984	14.923	3.202	80.197	80.052	Larga	350.038	39.241	OK	1	Sí	449.427	10	57.962	7.754	OK	1	30925.765	1.017	0.659	OK
1378	Barra de madera_1378	256.757	1	256.757	10	1	2700.984	14.923	3.202	80.197	80.052	Larga	133.927	39.241	OK	1	Sí	447.787	10	57.962	7.725	OK	1	30925.765	1.007	0.657	OK
1379	Barra de madera_1379	256.757	1	256.757	10	1	2700.984	14.923	3.202	80.197	80.052	Larga	319.828	39.241	OK	1	Sí	306.729	10	57.962	5.292	OK	1	30925.765	1.016	0.608	OK
1409	Barra de madera_1409	170.000	1	170.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	53.099	80.052	Intermedia	140.404	10.652	OK	1	Sí	43.154	10	57.962	0.745	OK	1	70544.987	1.003	0.151	OK
1410	Barra de madera_1410	170.000	1	170.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	53.099	80.052	Intermedia	18.907	1.434	OK	1	Sí	126.277	10	57.962	2.179	OK	1	70544.987	1.000	0.062	OK
1411	Barra de madera_1411	208.087	1	208.087	10	1	2700.984	14.923	3.202	64.995	80.052	Intermedia	343.320	29.274	OK	1	Sí	439.766	10	57.962	7.587	OK	1	47084.299	1.011	0.528	OK
1412	Barra de madera_1412	202.485	1	202.485	10	1	2700.984	14.923	3.202	63.246	80.052	Intermedia	103.513	8.641	OK	1	Sí	124.934	10	57.962	2.155	OK	1	49725.613	1.003	0.154	OK
1413	Barra de madera_1413	208.087	1	208.087	10	1	2700.984	14.923	3.202	64.995	80.052	Intermedia	89.149	7.601	OK	1	Sí	152.364	10	57.962	2.629	OK	1	47084.299	1.003	0.150	OK
1431	Barra de madera_1431	53.333	1	53.333	10	1	2700.984	14.923	3.202	16.659	80.052	Corta	303.741	20.354	OK	1	Sí	1264.836	10	57.962	21.822	OK	1	716748.096	1.001	0.701	OK
1432	Barra de madera_1432	93.333	1	93.333	10	1	2700.984	14.923	3.202	29.152	80.052	Corta	17.636	1.182	OK	1	Sí	129.187	10	57.962	2.229	OK	1	234040.194	1.000	0.060	OK
1433	Barra de madera_1433	130.000	1	130.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	40.605	80.052	Intermedia	17.146	1.212	OK	1	Sí	213.577	10	57.962	3.685	OK	1	120636.103	1.000	0.090	OK
1434	Barra de madera_1434	130.000	1	130.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	40.605	80.052	Intermedia	81.882	5.789	OK	1	Sí	207.215	10	57.962	3.575	OK	1	120636.103	1.001	0.146	OK
1435	Barra de madera_1435	93.333	1	93.333	10	1	2700.984	14.923	3.202	29.152	80.052	Corta	43.409	2.909	OK	1	Sí	147.418	10	57.962	2.543	OK	1	234040.194	1.000	0.088	OK

1436	Barra de madera_1436	53.333	1	53.333	10	1	2700.984	14.923	3.202	16.659	80.052	Corta	309.336	20.729	OK	1	Sí	1249.705	10	57.962	21.561	OK	1	716748.096	1.001	0.700	OK
1437	Barra de madera_1437	176.918	1	176.918	10	1	2700.984	14.923	3.202	55.260	80.052	Intermedia	253.084	19.529	OK	1	Sí	801.173	10	57.962	13.822	OK	1	65135.787	1.006	0.530	OK
1438	Barra de madera_1438	144.261	1	144.261	10	1	2700.984	14.923	3.202	45.059	80.052	Intermedia	76.456	5.517	OK	1	Sí	116.546	10	57.962	2.011	OK	1	97964.502	1.001	0.111	OK
1439	Barra de madera_1439	131.318	1	131.318	10	1	2700.984	14.923	3.202	41.017	80.052	Intermedia	7.764	0.550	OK	1	Sí	471.816	10	57.962	8.140	OK	1	118226.490	1.000	0.172	OK
1440	Barra de madera_1440	176.918	1	176.918	10	1	2700.984	14.923	3.202	55.260	80.052	Intermedia	253.405	19.554	OK	1	Sí	801.605	10	57.962	13.830	OK	1	65135.787	1.006	0.530	OK
1441	Barra de madera_1441	144.261	1	144.261	10	1	2700.984	14.923	3.202	45.059	80.052	Intermedia	80.045	5.776	OK	1	Sí	123.167	10	57.962	2.125	OK	1	97964.502	1.001	0.117	OK
1442	Barra de madera_1442	131.318	1	131.318	10	1	2700.984	14.923	3.202	41.017	80.052	Intermedia	8.229	0.583	OK	1	Sí	496.044	10	57.962	8.558	OK	1	118226.490	1.000	0.180	OK
1443	Barra de madera_1443	53.333	1	53.333	10	1	2700.984	14.923	3.202	16.659	80.052	Corta	469.231	31.444	OK	1	Sí	1302.374	10	57.962	22.469	OK	1	716748.096	1.001	0.855	OK
1444	Barra de madera_1444	93.333	1	93.333	10	1	2700.984	14.923	3.202	29.152	80.052	Corta	114.937	7.702	OK	1	Sí	175.589	10	57.962	3.029	OK	1	234040.194	1.001	0.159	OK
1445	Barra de madera_1445	130.000	1	130.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	40.605	80.052	Intermedia	18.548	1.311	OK	1	Sí	209.093	10	57.962	3.607	OK	1	120636.103	1.000	0.090	OK
1446	Barra de madera_1446	130.000	1	130.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	40.605	80.052	Intermedia	95.050	6.720	OK	1	Sí	211.436	10	57.962	3.648	OK	1	120636.103	1.001	0.159	OK
1447	Barra de madera_1447	93.333	1	93.333	10	1	2700.984	14.923	3.202	29.152	80.052	Corta	103.038	6.905	OK	1	Sí	200.604	10	57.962	3.461	OK	1	234040.194	1.001	0.158	OK
1448	Barra de madera_1448	53.333	1	53.333	10	1	2700.984	14.923	3.202	16.659	80.052	Corta	469.578	31.468	OK	1	Sí	1295.450	10	57.962	22.350	OK	1	716748.096	1.001	0.853	OK
1449	Barra de madera_1449	131.318	1	131.318	15	1	13673.733	33.576	4.802	27.345	80.052	Corta	39.391	1.173	OK	1	Sí	676.079	15	195.623	3.456	OK	1	598521.605	1.000	0.085	OK
1450	Barra de madera_1450	144.261	1	144.261	10	1	2700.984	14.923	3.202	45.059	80.052	Intermedia	94.351	6.808	OK	1	Sí	134.233	10	57.962	2.316	OK	1	97964.502	1.001	0.134	OK
1451	Barra de madera_1451	176.918	1	176.918	10	1	2700.984	14.923	3.202	55.260	80.052	Intermedia	234.695	18.110	OK	1	Sí	806.063	10	57.962	13.907	OK	1	65135.787	1.005	0.513	OK
1452	Barra de madera_1452	176.918	1	176.918	10	1	2700.984	14.923	3.202	55.260	80.052	Intermedia	233.054	17.984	OK	1	Sí	809.597	10	57.962	13.968	OK	1	65135.787	1.005	0.513	OK
1453	Barra de madera_1453	144.261	1	144.261	10	1	2700.984	14.923	3.202	45.059	80.052	Intermedia	57.265	4.132	OK	1	Sí	135.467	10	57.962	2.337	OK	1	97964.502	1.001	0.100	OK
1454	Barra de madera_1454	131.318	1	131.318	10	1	2700.984	14.923	3.202	41.017	80.052	Intermedia	14.354	1.017	OK	1	Sí	634.161	10	57.962	10.941	OK	1	118226.490	1.000	0.234	OK
1455	Barra de madera_1455	53.333	1	53.333	10	1	2700.984	14.923	3.202	16.659	80.052	Corta	292.906	19.628	OK	1	Sí	1012.897	10	57.962	17.475	OK	1	716748.096	1.001	0.603	OK
1456	Barra de madera_1456	93.333	1	93.333	10	1	2700.984	14.923	3.202	29.152	80.052	Corta	37.447	2.509	OK	1	Sí	120.125	10	57.962	2.072	OK	1	234040.194	1.000	0.074	OK
1457	Barra de madera_1457	130.000	1	130.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	40.605	80.052	Intermedia	8.405	0.594	OK	1	Sí	202.104	10	57.962	3.487	OK	1	120636.103	1.000	0.078	OK
1458	Barra de madera_1458	130.000	1	130.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	40.605	80.052	Intermedia	68.307	4.830	OK	1	Sí	198.323	10	57.962	3.422	OK	1	120636.103	1.001	0.131	OK
1459	Barra de madera_1459	93.333	1	93.333	10	1	2700.984	14.923	3.202	29.152	80.052	Corta	35.775	2.397	OK	1	Sí	136.905	10	57.962	2.362	OK	1	234040.194	1.000	0.078	OK
1460	Barra de madera_1460	53.333	1	53.333	10	1	2700.984	14.923	3.202	16.659	80.052	Corta	293.038	19.637	OK	1	Sí	1106.084	10	57.962	19.083	OK	1	716748.096	1.001	0.636	OK
1461	Barra de madera_1461	131.318	1	131.318	10	1	2700.984	14.923	3.202	41.017	80.052	Intermedia	12.740	0.902	OK	1	Sí	458.799	10	57.962	7.915	OK	1	118226.490	1.000	0.172	OK
1462	Barra de madera_1462	144.261	1	144.261	10	1	2700.984	14.923	3.202	45.059	80.052	Intermedia	59.719	4.309	OK	1	Sí	115.629	10	57.962	1.995	OK	1	97964.502	1.001	0.095	OK
1463	Barra de madera_1463	176.918	1	176.918	10	1	2700.984	14.923	3.202	55.260	80.052	Intermedia	210.930	16.277	OK	1	Sí	775.777	10	57.962	13.384	OK	1	65135.787	1.005	0.479	OK
1464	Barra de madera_1464	176.918	1	176.918	10	1	2700.984	14.923	3.202	55.260	80.052	Intermedia	209.489	16.165	OK	1	Sí	766.734	10	57.962	13.228	OK	1	65135.787	1.005	0.475	OK
1465	Barra de madera_1465	144.261	1	144.261	10	1	2700.984	14.923	3.202	45.059	80.052	Intermedia	49.213	3.551	OK	1	Sí	113.964	10	57.962	1.966	OK	1	97964.502	1.001	0.085	OK
1466	Barra de madera_1466	131.318	1	131.318	10	1	2700.984	14.923	3.202	41.017	80.052	Intermedia	6.382	0.452	OK	1	Sí	430.970	10	57.962	7.435	OK	1	118226.490	1.000	0.156	OK
1473	Barra de madera_1473	170.000	1	170.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	53.099	80.052	Intermedia	119.638	9.077	OK	1	Sí	242.565	10	57.962	4.185	OK	1	70544.987	1.003	0.200	OK
1476	Barra de madera_1476	53.333	1	53.333	10	1	2700.984	14.923	3.202	16.659	80.052	Corta	340.353	22.808	OK	1	Sí	355.588	10	57.962	6.135	OK	1	716748.096	1.001	0.415	OK
1477	Barra de madera_1477	93.333	1	93.333	10	1	2700.984	14.923	3.202	29.152	80.052	Corta	109.970	7.369	OK	1	Sí	142.968	10	57.962	2.467	OK	1	234040.194	1.001	0.144	OK
1478	Barra de madera_1478	130.000	1	130.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	40.605	80.052	Intermedia	2.681	0.190	OK	1	Sí	47.199	10	57.962	0.814	OK	1	120636.103	1.000	0.019	OK
1479	Barra de madera_1479	130.000	1	130.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	40.605	80.052	Intermedia	10.184	0.720	OK	1	Sí	62.536	10	57.962	1.079	OK	1	120636.103	1.000	0.031	OK
1480	Barra de madera_1480	93.333	1	93.333	10	1	2700.984	14.923	3.202	29.152	80.052	Corta	100.093	6.707	OK	1	Sí	168.687	10	57.962	2.910	OK	1	234040.194	1.001	0.144	OK

1481	Barra de madera_1481	53.333	1	53.333	10	1	2700.984	14.923	3.202	16.659	80.052	Corta	343.910	23.046	OK	1	Sí	339.840	10	57.962	5.863	OK	1	716748.096	1.001	0.412	OK
1482	Barra de madera_1482	176.918	1	176.918	10	1	2700.984	14.923	3.202	55.260	80.052	Intermedia	175.689	13.557	OK	1	Sí	181.956	10	57.962	3.139	OK	1	65135.787	1.004	0.236	OK
1483	Barra de madera_1483	144.261	1	144.261	10	1	2700.984	14.923	3.202	45.059	80.052	Intermedia	21.229	1.532	OK	1	Sí	64.650	10	57.962	1.115	OK	1	97964.502	1.000	0.042	OK
1484	Barra de madera_1484	131.318	1	131.318	10	1	2700.984	14.923	3.202	41.017	80.052	Intermedia	8.225	0.583	OK	1	Sí	440.049	10	57.962	7.592	OK	1	118226.490	1.000	0.161	OK
1485	Barra de madera_1485	176.918	1	176.918	10	1	2700.984	14.923	3.202	55.260	80.052	Intermedia	176.239	13.600	OK	1	Sí	180.240	10	57.962	3.110	OK	1	65135.787	1.004	0.236	OK
1486	Barra de madera_1486	144.261	1	144.261	10	1	2700.984	14.923	3.202	45.059	80.052	Intermedia	37.188	2.684	OK	1	Sí	118.780	10	57.962	2.049	OK	1	97964.502	1.001	0.076	OK
1487	Barra de madera_1487	131.318	1	131.318	10	1	2700.984	14.923	3.202	41.017	80.052	Intermedia	31.180	2.208	OK	1	Sí	474.487	10	57.962	8.186	OK	1	118226.490	1.000	0.194	OK
1488	Barra de madera_1488	150.000	1	150.000	15	1	13673.733	33.576	4.802	31.235	80.052	Intermedia	25.520	0.779	OK	1	Sí	1984.581	15	195.623	10.145	OK	1	458718.781	1.000	0.215	OK
1489	Barra de madera_1489	150.000	1	150.000	15	1	13673.733	33.576	4.802	31.235	80.052	Intermedia	14.216	0.434	OK	1	Sí	2034.825	15	195.623	10.402	OK	1	458718.781	1.000	0.216	OK
1490	Barra de madera_1490	120.000	1	120.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	37.482	80.052	Intermedia	214.800	15.011	OK	1	Sí	782.573	10	57.962	13.501	OK	1	141579.871	1.002	0.465	OK
1491	Barra de madera_1491	53.333	1	53.333	10	1	2700.984	14.923	3.202	16.659	80.052	Corta	318.519	21.345	OK	1	Sí	375.072	10	57.962	6.471	OK	1	716748.096	1.001	0.403	OK
1492	Barra de madera_1492	93.333	1	93.333	10	1	2700.984	14.923	3.202	29.152	80.052	Corta	101.077	6.773	OK	1	Sí	135.208	10	57.962	2.333	OK	1	234040.194	1.001	0.133	OK
1493	Barra de madera_1493	130.000	1	130.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	40.605	80.052	Intermedia	2.724	0.193	OK	1	Sí	39.243	10	57.962	0.677	OK	1	120636.103	1.000	0.016	OK
1494	Barra de madera_1494	130.000	1	130.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	40.605	80.052	Intermedia	10.361	0.733	OK	1	Sí	39.429	10	57.962	0.680	OK	1	120636.103	1.000	0.023	OK
1495	Barra de madera_1495	93.333	1	93.333	10	1	2700.984	14.923	3.202	29.152	80.052	Corta	98.171	6.579	OK	1	Sí	163.651	10	57.962	2.823	OK	1	234040.194	1.001	0.141	OK
1496	Barra de madera_1496	53.333	1	53.333	10	1	2700.984	14.923	3.202	16.659	80.052	Corta	332.180	22.260	OK	1	Sí	355.674	10	57.962	6.136	OK	1	716748.096	1.001	0.408	OK
1497	Barra de madera_1497	176.918	1	176.918	10	1	2700.984	14.923	3.202	55.260	80.052	Intermedia	165.687	12.785	OK	1	Sí	157.619	10	57.962	2.719	OK	1	65135.787	1.004	0.218	OK
1498	Barra de madera_1498	144.261	1	144.261	10	1	2700.984	14.923	3.202	45.059	80.052	Intermedia	28.358	2.046	OK	1	Sí	59.425	10	57.962	1.025	OK	1	97964.502	1.000	0.047	OK
1499	Barra de madera_1499	131.318	1	131.318	10	1	2700.984	14.923	3.202	41.017	80.052	Intermedia	8.714	0.617	OK	1	Sí	442.453	10	57.962	7.633	OK	1	118226.490	1.000	0.162	OK
1500	Barra de madera_1500	176.918	1	176.918	10	1	2700.984	14.923	3.202	55.260	80.052	Intermedia	160.584	12.392	OK	1	Sí	157.080	10	57.962	2.710	OK	1	65135.787	1.004	0.213	OK
1501	Barra de madera_1501	144.261	1	144.261	10	1	2700.984	14.923	3.202	45.059	80.052	Intermedia	35.340	2.550	OK	1	Sí	117.652	10	57.962	2.030	OK	1	97964.502	1.001	0.074	OK
1502	Barra de madera_1502	131.318	1	131.318	10	1	2700.984	14.923	3.202	41.017	80.052	Intermedia	32.013	2.267	OK	1	Sí	471.454	10	57.962	8.134	OK	1	118226.490	1.000	0.193	OK
1503	Barra de madera_1503	150.000	1	150.000	15	1	13673.733	33.576	4.802	31.235	80.052	Intermedia	10.596	0.323	OK	1	Sí	1978.787	15	195.623	10.115	OK	1	458718.781	1.000	0.209	OK
1504	Barra de madera_1504	150.000	1	150.000	15	1	13673.733	33.576	4.802	31.235	80.052	Intermedia	10.479	0.320	OK	1	Sí	2031.053	15	195.623	10.382	OK	1	458718.781	1.000	0.214	OK
1505	Barra de madera_1505	120.000	1	120.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	37.482	80.052	Intermedia	215.284	15.044	OK	1	Sí	777.361	10	57.962	13.411	OK	1	141579.871	1.002	0.463	OK
1506	Barra de madera_1506	170.000	1	170.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	53.099	80.052	Intermedia	104.338	7.916	OK	1	Sí	34.461	10	57.962	0.595	OK	1	70544.987	1.002	0.113	OK
1507	Barra de madera_1507	53.333	1	53.333	10	1	2700.984	14.923	3.202	16.659	80.052	Corta	336.174	22.528	OK	1	Sí	358.207	10	57.962	6.180	OK	1	716748.096	1.001	0.412	OK
1508	Barra de madera_1508	93.333	1	93.333	10	1	2700.984	14.923	3.202	29.152	80.052	Corta	112.838	7.562	OK	1	Sí	143.954	10	57.962	2.484	OK	1	234040.194	1.001	0.147	OK
1509	Barra de madera_1509	130.000	1	130.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	40.605	80.052	Intermedia	1.933	0.137	OK	1	Sí	47.410	10	57.962	0.818	OK	1	120636.103	1.000	0.018	OK
1510	Barra de madera_1510	130.000	1	130.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	40.605	80.052	Intermedia	9.754	0.690	OK	1	Sí	58.717	10	57.962	1.013	OK	1	120636.103	1.000	0.029	OK
1511	Barra de madera_1511	93.333	1	93.333	10	1	2700.984	14.923	3.202	29.152	80.052	Corta	109.501	7.338	OK	1	Sí	173.176	10	57.962	2.988	OK	1	234040.194	1.001	0.154	OK
1512	Barra de madera_1512	53.333	1	53.333	10	1	2700.984	14.923	3.202	16.659	80.052	Corta	348.966	23.385	OK	1	Sí	321.855	10	57.962	5.553	OK	1	716748.096	1.001	0.410	OK
1513	Barra de madera_1513	176.918	1	176.918	10	1	2700.984	14.923	3.202	55.260	80.052	Intermedia	159.524	12.310	OK	1	Sí	169.177	10	57.962	2.919	OK	1	65135.787	1.004	0.216	OK
1514	Barra de madera_1514	144.261	1	144.261	10	1	2700.984	14.923	3.202	45.059	80.052	Intermedia	18.365	1.325	OK	1	Sí	60.747	10	57.962	1.048	OK	1	97964.502	1.000	0.038	OK
1515	Barra de madera_1515	131.318	1	131.318	10	1	2700.984	14.923	3.202	41.017	80.052	Intermedia	5.561	0.394	OK	1	Sí	443.469	10	57.962	7.651	OK	1	118226.490	1.000	0.160	OK
1516	Barra de madera_1516	176.918	1	176.918	10	1	2700.984	14.923	3.202	55.260	80.052	Intermedia	154.003	11.884	OK	1	Sí	166.611	10	57.962	2.874	OK	1	65135.787	1.004	0.210	OK
1517	Barra de madera_1517	144.261	1	144.261	10	1	2700.984	14.923	3.202	45.059	80.052	Intermedia	25.261	1.823	OK	1	Sí	117.587	10	57.962	2.029	OK	1	97964.502	1.000	0.064	OK

1518	Barra de madera_1518	131.318	1	131.318	10	1	2700.984	14.923	3.202	41.017	80.052	Intermedia	27.305	1.934	OK	1	Sí	473.047	10	57.962	8.161	OK	1	118226.490	1.000	0.190	OK
1519	Barra de madera_1519	120.000	1	120.000	15	1	13673.733	33.576	4.802	24.988	80.052	Corta	33.706	1.004	OK	1	Sí	1978.265	15	195.623	10.113	OK	1	716748.095	1.000	0.217	OK
1520	Barra de madera_1520	120.000	1	120.000	15	1	13673.733	33.576	4.802	24.988	80.052	Corta	33.649	1.002	OK	1	Sí	2030.082	15	195.623	10.378	OK	1	716748.095	1.000	0.223	OK
1521	Barra de madera_1521	150.000	1	150.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	46.852	80.052	Intermedia	211.081	15.378	OK	1	Sí	773.742	10	57.962	13.349	OK	1	90611.117	1.004	0.467	OK
1522	Barra de madera_1522	208.087	1	208.087	10	1	2700.984	14.923	3.202	64.995	80.052	Intermedia	20.725	1.767	OK	1	Sí	221.136	10	57.962	3.815	OK	1	47084.299	1.001	0.100	OK
1539	Barra de madera_1539	53.333	1	53.333	10	1	2700.984	14.923	3.202	16.659	80.052	Corta	310.631	20.816	OK	1	Sí	380.832	10	57.962	6.570	OK	1	716748.096	1.001	0.398	OK
1540	Barra de madera_1540	93.333	1	93.333	10	1	2700.984	14.923	3.202	29.152	80.052	Corta	97.235	6.516	OK	1	Sí	130.771	10	57.962	2.256	OK	1	234040.194	1.001	0.129	OK
1541	Barra de madera_1541	130.000	1	130.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	40.605	80.052	Intermedia	5.406	0.382	OK	1	Sí	44.420	10	57.962	0.766	OK	1	120636.103	1.000	0.020	OK
1542	Barra de madera_1542	130.000	1	130.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	40.605	80.052	Intermedia	9.487	0.671	OK	1	Sí	42.186	10	57.962	0.728	OK	1	120636.103	1.000	0.023	OK
1543	Barra de madera_1543	93.333	1	93.333	10	1	2700.984	14.923	3.202	29.152	80.052	Corta	91.998	6.165	OK	1	Sí	158.545	10	57.962	2.735	OK	1	234040.194	1.001	0.134	OK
1544	Barra de madera_1544	53.333	1	53.333	10	1	2700.984	14.923	3.202	16.659	80.052	Corta	321.822	21.566	OK	1	Sí	339.574	10	57.962	5.859	OK	1	716748.096	1.001	0.393	OK
1545	Barra de madera_1545	131.318	1	131.318	10	1	2700.984	14.923	3.202	41.017	80.052	Intermedia	31.287	2.216	OK	1	Sí	465.025	10	57.962	8.023	OK	1	118226.490	1.000	0.190	OK
1546	Barra de madera_1546	144.261	1	144.261	10	1	2700.984	14.923	3.202	45.059	80.052	Intermedia	37.378	2.697	OK	1	Sí	114.067	10	57.962	1.968	OK	1	97964.502	1.001	0.074	OK
1547	Barra de madera_1547	176.918	1	176.918	10	1	2700.984	14.923	3.202	55.260	80.052	Intermedia	161.283	12.445	OK	1	Sí	125.749	10	57.962	2.169	OK	1	65135.787	1.004	0.203	OK
1548	Barra de madera_1548	176.918	1	176.918	10	1	2700.984	14.923	3.202	55.260	80.052	Intermedia	164.907	12.725	OK	1	Sí	127.276	10	57.962	2.196	OK	1	65135.787	1.004	0.207	OK
1549	Barra de madera_1549	144.261	1	144.261	10	1	2700.984	14.923	3.202	45.059	80.052	Intermedia	27.106	1.956	OK	1	Sí	58.852	10	57.962	1.015	OK	1	97964.502	1.000	0.045	OK
1550	Barra de madera_1550	131.318	1	131.318	10	1	2700.984	14.923	3.202	41.017	80.052	Intermedia	6.368	0.451	OK	1	Sí	434.433	10	57.962	7.495	OK	1	118226.490	1.000	0.157	OK
1551	Barra de madera_1551	120.000	1	120.000	15	1	13673.733	33.576	4.802	24.988	80.052	Corta	35.576	1.060	OK	1	Sí	1970.337	15	195.623	10.072	OK	1	716748.095	1.000	0.217	OK
1552	Barra de madera_1552	120.000	1	120.000	15	1	13673.733	33.576	4.802	24.988	80.052	Corta	37.566	1.119	OK	1	Sí	2022.204	15	195.623	10.337	OK	1	716748.095	1.000	0.223	OK
1553	Barra de madera_206	150.000	1	150.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	46.852	80.052	Intermedia	209.141	15.237	OK	1	Sí	774.068	10	57.962	13.355	OK	1	90611.117	1.003	0.465	OK
1554	Barra de madera_1554	170.000	1	170.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	53.099	80.052	Intermedia	129.863	9.853	OK	1	Sí	106.090	10	57.962	1.830	OK	1	70544.987	1.003	0.163	OK
1559	Barra de madera_1559	208.087	1	208.087	10	1	2700.984	14.923	3.202	64.995	80.052	Intermedia	512.228	43.676	OK	1	Sí	565.821	10	57.962	9.762	OK	1	47084.299	1.017	0.757	OK
1560	Barra de madera_1560	187.883	1	187.883	10	1	2700.984	14.923	3.202	58.685	80.052	Intermedia	37.570	2.989	OK	1	Sí	277.711	10	57.962	4.791	OK	1	57754.961	1.001	0.135	OK
1579	Barra de madera_1579	110.000	1	110.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	34.358	80.052	Intermedia	0.000	0.000	OK	1	Sí	47.517	10	57.962	0.820	OK	1	168491.747	1.000	0.017	OK
1580	Barra de madera_1580	110.000	1	110.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	34.358	80.052	Intermedia	0.000	0.000	OK	1	Sí	47.517	10	57.962	0.820	OK	1	168491.745	1.000	0.017	OK
1581	Barra de madera_1581	110.000	1	110.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	34.358	80.052	Intermedia	0.000	0.000	OK	1	Sí	47.517	10	57.962	0.820	OK	1	168491.747	1.000	0.017	OK
1582	Barra de madera_1582	110.000	1	110.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	34.358	80.052	Intermedia	0.000	0.000	OK	1	Sí	47.517	10	57.962	0.820	OK	1	168491.747	1.000	0.017	OK
1583	Barra de madera_1583	110.000	1	110.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	34.358	80.052	Intermedia	0.000	0.000	OK	1	Sí	47.517	10	57.962	0.820	OK	1	168491.747	1.000	0.017	OK
1584	Barra de madera_1584	110.000	1	110.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	34.358	80.052	Intermedia	0.000	0.000	OK	1	Sí	47.517	10	57.962	0.820	OK	1	168491.747	1.000	0.017	OK
1585	Barra de madera_1585	110.000	1	110.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	34.358	80.052	Intermedia	0.000	0.000	OK	1	Sí	47.517	10	57.962	0.820	OK	1	168491.747	1.000	0.017	OK
1586	Barra de madera_1586	110.000	1	110.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	34.358	80.052	Intermedia	0.000	0.000	OK	1	Sí	47.517	10	57.962	0.820	OK	1	168491.747	1.000	0.017	OK
1587	Barra de madera_1587	110.000	1	110.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	34.358	80.052	Intermedia	0.000	0.000	OK	1	Sí	47.517	10	57.962	0.820	OK	1	168491.747	1.000	0.017	OK
1588	Barra de madera_1588	110.000	1	110.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	34.358	80.052	Intermedia	0.000	0.000	OK	1	Sí	47.517	10	57.962	0.820	OK	1	168491.748	1.000	0.017	OK
1589	Barra de madera_1589	110.000	1	110.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	34.358	80.052	Intermedia	0.000	0.000	OK	1	Sí	47.517	10	57.962	0.820	OK	1	168491.747	1.000	0.017	OK
1590	Barra de madera_1590	110.000	1	110.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	34.358	80.052	Intermedia	0.000	0.000	OK	1	Sí	47.517	10	57.962	0.820	OK	1	168491.747	1.000	0.017	OK
1591	Barra de madera_1591	110.000	1	110.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	34.358	80.052	Intermedia	0.000	0.000	OK	1	Sí	47.517	10	57.962	0.820	OK	1	168491.747	1.000	0.017	OK
1592	Barra de madera_1592	110.000	1	110.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	34.358	80.052	Intermedia	0.000	0.000	OK	1	Sí	47.517	10	57.962	0.820	OK	1	168491.747	1.000	0.017	OK

1593	Barra de madera_1593	110.000	1	110.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	34.358	80.052	Intermedia	0.000	0.000	OK	1	Sí	47.517	10	57.962	0.820	OK	1	168491.747	1.000	0.017	OK
1594	Barra de madera_1594	110.000	1	110.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	34.358	80.052	Intermedia	0.000	0.000	OK	1	Sí	47.517	10	57.962	0.820	OK	1	168491.747	1.000	0.017	OK
1595	Barra de madera_1595	110.000	1	110.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	34.358	80.052	Intermedia	0.000	0.000	OK	1	Sí	47.517	10	57.962	0.820	OK	1	168491.747	1.000	0.017	OK
1596	Barra de madera_1596	110.000	1	110.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	34.358	80.052	Intermedia	0.000	0.000	OK	1	Sí	47.517	10	57.962	0.820	OK	1	168491.747	1.000	0.017	OK
1597	Barra de madera_1597	110.000	1	110.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	34.358	80.052	Intermedia	0.000	0.000	OK	1	Sí	47.517	10	57.962	0.820	OK	1	168491.747	1.000	0.017	OK
1598	Barra de madera_1598	80.000	1	80.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	24.988	80.052	Corta	0.000	0.000	OK	1	Sí	25.133	10	57.962	0.434	OK	1	318554.709	1.000	0.009	OK
1599	Barra de madera_1599	245.406	1	245.406	18	2	56707.705	96.698	24.217	10.134	80.052	Corta	1498.415	15.496	OK	1	Sí	1365.574	18	338.037	4.040	OK	1	710745.996	1.003	0.279	OK
1600	Barra de madera_1600	110.000	1	110.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	34.358	80.052	Intermedia	0.000	0.000	OK	1	Sí	47.517	10	57.962	0.820	OK	1	168491.747	1.000	0.017	OK
1601	Barra de madera_1601	110.000	1	110.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	34.358	80.052	Intermedia	0.000	0.000	OK	1	Sí	47.517	10	57.962	0.820	OK	1	168491.747	1.000	0.017	OK
1602	Barra de madera_1602	110.000	1	110.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	34.358	80.052	Intermedia	0.000	0.000	OK	1	Sí	47.517	10	57.962	0.820	OK	1	168491.747	1.000	0.017	OK
1603	Barra de madera_1603	110.000	1	110.000	10	1	2700.984	14.923	3.202	34.358	80.052	Intermedia	0.000	0.000	OK	1	Sí	47.517	10	57.962	0.820	OK	1	168491.747	1.000	0.017	OK

Tabla 43: Diseño de Elementos individuales para Flexo-Compresión

10.4. DISEÑO DE ELEMENTOS INDIVIDUALES PARA TENSION AXIAL Y/O FLEXIÓN

Tensión axial y flexión-

Elemento	Tipo	Tensión Axial							Momento Resistente							Flexión con tensión axial	
		f (kg)	Le (m)	# Elementos	A1 (cm²)	f1 (kg/cm²)	Condición	# Elementos	Flexión	Momento (kg/cm)	Le (m)	S (cm³)	f0 (kg/cm²)	Condición	# Elementos	MRT-H010	Condición
6	Column_6	131.112	10	1	14923	8.786	OK	1	S	8.5233	10	57952	13892	OK	1	0.556	OK
7	Column_7	193520	10	1	14923	12968	OK	1	S	1175381	10	57952	20278	OK	1	0.516	OK
8	Column_8	255929	10	1	14923	17.150	OK	1	S	8.5233	10	57952	13892	OK	1	0.517	OK
9	Column_9	135649	10	1	14923	9090	OK	1	S	79868	10	57952	13693	OK	1	0.561	OK
10	Column_10	260467	15	1	33576	7.758	OK	1	S	1311228	15	195623	6703	OK	1	0.378	OK
11	Column_11	140.185	10	1	14923	9394	OK	1	S	8.5668	10	57952	13900	OK	1	0.575	OK
12	Column_12	265003	10	1	14923	17.759	OK	1	S	8.5668	10	57952	13900	OK	1	0.836	OK
13	Column_13	202594	10	1	14923	13576	OK	1	S	1114555	10	57952	19229	OK	1	0.813	OK
22	Column_22	21203	10	1	14923	1421	OK	1	S	79956	10	57952	13795	OK	1	0.323	OK
23	Column_23	12935	10	1	14923	0867	OK	1	S	1389913	10	57952	24.152	OK	1	0.515	OK
24	Column_24	176351	10	1	14923	11818	OK	1	S	79956	10	57952	13795	OK	1	0.649	OK
25	Column_25	22505	10	1	14923	1508	OK	1	S	1627692	10	57952	28082	OK	1	0.615	OK
26	Column_26	167.114	10	1	14923	11.199	OK	1	S	1629077	10	57952	28105	OK	1	0.918	OK
27	Column_27	23806	10	1	14923	1595	OK	1	S	777.755	10	57952	13418	OK	1	0.321	OK
28	Column_28	157875	10	1	14923	10580	OK	1	S	777.755	10	57952	13418	OK	1	0.602	OK
29	Column_29	38005	10	1	14923	2548	OK	1	S	734.108	10	57952	12665	OK	1	0.336	OK
30	Column_30	44006	10	1	14923	2964	OK	1	S	777.007	10	57952	13405	OK	1	0.363	OK
31	Column_31	30235	10	1	14923	2026	OK	1	S	777.007	10	57952	13405	OK	1	0.334	OK
32	Column_32	21274	10	1	14923	1422	OK	1	S	777.007	10	57952	13405	OK	1	0.315	OK
33	Column_33	31222	10	1	14923	2092	OK	1	S	1399541	10	57952	22938	OK	1	0.529	OK
34	Column_34	21.170	10	1	14923	1419	OK	1	S	773988	10	57952	13363	OK	1	0.314	OK
35	Column_35	28669	10	1	14923	1921	OK	1	S	804499	10	57952	13880	OK	1	0.341	OK
36	Column_36	21.195	10	1	14923	1420	OK	1	S	804499	10	57952	13880	OK	1	0.325	OK
37	Column_37	18394	10	1	14923	1233	OK	1	S	1120923	10	57952	19339	OK	1	0.430	OK
43	Column_43	68971	12	1	21488	3210	OK	1	S	1266889	12	100759	12549	OK	1	0.364	OK
44	Column_44	45889	12	1	21488	2135	OK	1	S	1266885	12	100759	12549	OK	1	0.320	OK
45	Column_45	1245	12	1	21488	0068	OK	1	S	1266885	12	100759	12549	OK	1	0.255	OK
46	Column_46	3883	12	1	21488	0181	OK	1	S	1266888	12	100759	12549	OK	1	0.259	OK
240	Column_240	153316	10	1	14923	10274	OK	1	S	862423	10	57952	14879	OK	1	0.622	OK
241	Column_241	162424	10	1	14923	10884	OK	1	S	1209911	10	57952	20874	OK	1	0.762	OK
242	Column_242	203705	10	1	14923	13611	OK	1	S	862423	10	57952	14879	OK	1	0.727	OK
243	Column_243	101871	10	1	14923	6827	OK	1	S	866266	10	57952	14428	OK	1	0.505	OK
244	Column_244	234522	10	1	14923	15776	OK	1	S	1486238	10	57952	24641	OK	1	0.990	OK
245	Column_245	133287	10	1	14923	8932	OK	1	S	866999	10	57952	14988	OK	1	0.582	OK
246	Column_246	265937	10	1	14923	17821	OK	1	S	866999	10	57952	14988	OK	1	0.860	OK
247	Column_247	199612	10	1	14923	13377	OK	1	S	1214088	10	57952	20946	OK	1	0.842	OK
248	Column_248	260635	10	1	14923	17466	OK	1	S	961.118	10	57952	16582	OK	1	0.882	OK
249	Column_249	248349	10	1	14923	16642	OK	1	S	1334794	10	57952	23029	OK	1	0.985	OK
250	Column_250	236051	10	1	14923	15819	OK	1	S	961.118	10	57952	16582	OK	1	0.830	OK
251	Column_251	207049	10	1	14923	13875	OK	1	S	962215	10	57952	16428	OK	1	0.766	OK
252	Column_252	225725	15	1	33576	6723	OK	1	S	1591345	15	195623	8735	OK	1	0.375	OK
253	Column_253	153463	10	1	14923	10284	OK	1	S	970889	10	57952	16750	OK	1	0.660	OK
254	Column_254	246288	10	1	14923	16504	OK	1	S	970889	10	57952	16750	OK	1	0.855	OK
255	Column_255	164989	10	1	14923	11066	OK	1	S	1420766	10	57952	24502	OK	1	0.841	OK
256	Column_256	84605	12	1	21488	3937	OK	1	S	1365273	12	100759	13361	OK	1	0.393	OK
259	Column_259	89.175	12	1	21488	4.150	OK	1	S	1299335	12	100759	12973	OK	1	0.392	OK
260	Column_260	70068	12	1	21488	3260	OK	1	S	1462167	12	100759	14588	OK	1	0.397	OK
261	Column_261	74628	12	1	21488	3473	OK	1	S	1423229	12	100759	14210	OK	1	0.386	OK
266	Column_266	204553	10	1	14923	13708	OK	1	S	953261	10	57952	16446	OK	1	0.761	OK
267	Column_267	208728	10	1	14923	13987	OK	1	S	1430353	10	57952	24677	OK	1	0.936	OK
268	Column_268	212901	10	1	14923	14267	OK	1	S	953261	10	57952	16446	OK	1	0.779	OK
269	Column_269	164505	15	1	33576	4900	OK	1	S	1896005	15	195623	9692	OK	1	0.349	OK
270	Column_270	172855	15	1	33576	5748	OK	1	S	1897481	15	195623	9700	OK	1	0.357	OK
271	Column_271	124459	10	1	14923	8340	OK	1	S	961.124	10	57952	16582	OK	1	0.595	OK

272	Column 272	157.743	10	1	14923	10571	UK	1	S	951.124	10	57952	16552	UK	1	0655	UK
273	Column 273	128634	10	1	14923	8620	UK	1	S	1630.764	10	57952	28.135	UK	1	0838	UK
274	Column 274	172574	10	1	14923	11555	UK	1	S	952264	10	57952	16512	UK	1	0697	UK
275	Column 275	185482	10	1	14923	12430	UK	1	S	1337935	10	57952	23083	UK	1	0855	UK
276	Column 276	198388	10	1	14923	13295	UK	1	S	952264	10	57952	16512	UK	1	0751	UK
277	Column 277	123765	10	1	14923	8294	UK	1	S	1559716	10	57952	27427	UK	1	0874	UK
278	Column 278	149579	10	1	14923	10024	UK	1	S	933784	10	57952	16110	UK	1	0639	UK
279	Column 279	74957	10	1	14923	5023	UK	1	S	988283	10	57952	16188	UK	1	0484	UK
280	Column 280	100771	10	1	14923	6753	UK	1	S	988283	10	57952	16188	UK	1	0538	UK
281	Column 281	87854	10	1	14923	5888	UK	1	S	988283	10	57952	16188	UK	1	0511	UK
282	Column 282	63835	12	1	21488	2971	UK	1	S	1504647	12	100159	15023	UK	1	0397	UK
283	Column 283	58525	12	1	21488	2724	UK	1	S	1504644	12	100159	15023	UK	1	0389	UK
284	Column 284	45935	12	1	21488	2784	UK	1	S	1504644	12	100159	15023	UK	1	0372	UK
285	Column 285	41521	12	1	21488	1937	UK	1	S	1504645	12	100159	15023	UK	1	0364	UK
289	Column 289	37400	10	1	14923	2505	UK	1	S	854034	10	57952	14734	UK	1	0376	UK
290	Column 290	6058	10	1	14923	4039	UK	1	S	1289956	10	57952	22255	UK	1	0577	UK
291	Column 291	147308	10	1	14923	9871	UK	1	S	854034	10	57952	14734	UK	1	0607	UK
292	Column 292	21125	10	1	14923	1416	UK	1	S	1718835	10	57952	29654	UK	1	0644	UK
293	Column 293	163290	10	1	14923	10943	UK	1	S	1718755	10	57952	29653	UK	1	0942	UK
294	Column 294	18873	10	1	14923	1265	UK	1	S	888620	10	57952	14813	UK	1	0339	UK
295	Column 295	179272	10	1	14923	12073	UK	1	S	888620	10	57952	14813	UK	1	0675	UK
296	Column 296	22655	10	1	14923	1519	UK	1	S	1256680	10	57952	22371	UK	1	0500	UK
297	Column 297	11.148	12	1	21488	0519	UK	1	S	1335277	12	100159	13352	UK	1	0285	UK
298	Column 298	14483	12	1	21488	0674	UK	1	S	1309551	12	100159	13079	UK	1	0285	UK
299	Column 299	17551	12	1	21488	0818	UK	1	S	1452767	12	100159	14558	UK	1	0321	UK
300	Column 300	1.171	12	1	21488	0055	UK	1	S	1423228	12	100159	14210	UK	1	0289	UK
303	Column 303	64.797	10	1	14923	4342	UK	1	S	852538	10	57952	14881	UK	1	0437	UK
304	Column 304	75255	10	1	14923	5045	UK	1	S	1209805	10	57952	20872	UK	1	0580	UK
305	Column 305	85.793	10	1	14923	5749	UK	1	S	852538	10	57952	14881	UK	1	0481	UK
306	Column 306	32578	10	1	14923	2790	UK	1	S	1427257	10	57952	24524	UK	1	0555	UK
307	Column 307	14035	10	1	14923	0941	UK	1	S	855501	10	57952	14432	UK	1	0321	UK
308	Column 308	31851	10	1	14923	2135	UK	1	S	855785	10	57952	14954	UK	1	0359	UK
309	Column 309	13279	10	1	14923	0885	UK	1	S	855785	10	57952	14954	UK	1	0330	UK
310	Column 310	22540	10	1	14923	1510	UK	1	S	1213839	10	57952	20942	UK	1	0471	UK
311	Column 311	8779	12	1	21488	0409	UK	1	S	1335273	12	100159	13351	UK	1	0283	UK
312	Column 312	8135	12	1	21488	0379	UK	1	S	1295335	12	100159	12973	UK	1	0274	UK
313	Column 313	10829	12	1	21488	0504	UK	1	S	1452767	12	100159	14558	UK	1	0311	UK
314	Column 314	10.185	12	1	21488	0474	UK	1	S	1423229	12	100159	14210	UK	1	0302	UK
322	Column 322	54418	12	1	21488	2532	UK	1	S	130752	12	100159	13785	UK	1	0358	UK
323	Column 323	31359	12	1	21488	1459	UK	1	S	130749	12	100159	13785	UK	1	0324	UK
324	Column 324	2583	12	1	21488	0125	UK	1	S	130751	12	100159	13785	UK	1	0283	UK
325	Column 325	5932	12	1	21488	0276	UK	1	S	130754	12	100159	13785	UK	1	0287	UK
332	Column 332	100390	12	1	21488	4572	UK	1	S	1203761	12	100159	12078	UK	1	0359	UK
333	Column 333	25940	12	1	21488	1254	UK	1	S	1203761	12	100159	12078	UK	1	0282	UK
334	Column 334	95637	12	1	21488	4497	UK	1	S	1557743	12	100159	15553	UK	1	0455	UK
335	Column 335	113539	12	1	21488	5284	UK	1	S	1557743	12	100159	15553	UK	1	0480	UK
380	Column 380	1509	12	1	21488	0070	UK	1	S	1309553	12	100159	13079	UK	1	0257	UK
381	Column 381	39555	12	1	21488	1845	UK	1	S	1309551	12	100159	13079	UK	1	0322	UK
1261	Column 1261	57943	10	1	14923	3883	UK	1	S	415958	10	57952	7716	UK	1	0257	UK
1262	Column 1262	32873	10	1	14923	2203	UK	1	S	139264	10	57952	2403	UK	1	0117	UK
1263	Column 1263	7804	10	1	14923	0523	UK	1	S	415958	10	57952	7716	UK	1	0161	UK
1264	Column 1264	51073	10	1	14923	3418	UK	1	S	390055	10	57952	6730	UK	1	0243	UK
1265	Column 1265	4958	10	1	14923	0333	UK	1	S	513899	10	57952	8855	UK	1	0190	UK
1266	Column 1266	44082	10	1	14923	2954	UK	1	S	411305	10	57952	7095	UK	1	0235	UK
1267	Column 1267	5200	10	1	14923	0348	UK	1	S	411305	10	57952	7095	UK	1	0154	UK
1268	Column 1268	19073	10	1	14923	1274	UK	1	S	255355	10	57952	4924	UK	1	0139	UK
1269	Column 1269	59119	10	1	14923	3952	UK	1	S	411373	10	57952	7097	UK	1	0257	UK
1270	Column 1270	9738	10	1	14923	0653	UK	1	S	330031	10	57952	5594	UK	1	0135	UK
1271	Column 1271	9359	10	1	14923	0628	UK	1	S	411373	10	57952	7097	UK	1	0163	UK
1272	Column 1272	58173	10	1	14923	3888	UK	1	S	991683	10	57952	17709	UK	1	0458	UK

12/3	Column_12/3	6866	10	1	14923	0460	UK	1	S	99336	10	5/962	17.139	UK	1	0.361	UK
12/4	Column_12/4	57226	10	1	14923	3836	UK	1	S	36883	10	5/962	6.708	UK	1	0.266	UK
12/5	Column_12/5	6999	10	1	14923	0469	UK	1	S	36883	10	5/962	6.708	UK	1	0.150	UK
12/6	Column_12/6	3776	10	1	14923	0253	UK	1	S	36526	10	5/962	5271	UK	1	0.174	UK
12/7	Column_12/7	17057	10	1	14923	1743	UK	1	S	392972	10	5/962	6780	UK	1	0.173	UK
12/8	Column_12/8	4486	10	1	14923	0301	UK	1	S	392972	10	5/962	6780	UK	1	0.146	UK
12/9	Column_12/9	6019	10	1	14923	0403	UK	1	S	392972	10	5/962	6780	UK	1	0.150	UK
1280	Column_1280	14091	10	1	14923	0944	UK	1	S	575346	10	5/962	9926	UK	1	0.230	UK
1281	Column_1281	6437	10	1	14923	0431	UK	1	S	368038	10	5/962	6360	UK	1	0.142	UK
1282	Column_1282	11.121	10	1	14923	0746	UK	1	S	410126	10	5/962	7076	UK	1	0.166	UK
1283	Column_1283	6866	10	1	14923	0469	UK	1	S	410126	10	5/962	7076	UK	1	0.157	UK
1284	Column_1284	4938	10	1	14923	0331	UK	1	S	307879	10	5/962	5312	UK	1	0.178	UK
1285	Column_1285	68277	10	1	14923	4575	UK	1	S	247134	10	5/962	4264	UK	1	0.229	UK
1286	Column_1286	72900	10	1	14923	4886	UK	1	S	232673	10	5/962	4074	UK	1	0.234	UK
1287	Column_1287	74544	10	1	14923	4996	UK	1	S	234588	10	5/962	4047	UK	1	0.238	UK
1288	Column_1288	69637	10	1	14923	4667	UK	1	S	247203	10	5/962	4266	UK	1	0.232	UK
1293	Column_1293	64587	10	1	14923	4328	UK	1	S	414374	10	5/962	7748	UK	1	0.280	UK
1294	Column_1294	42720	10	1	14923	2863	UK	1	S	414376	10	5/962	7748	UK	1	0.234	UK
1295	Column_1295	20863	10	1	14923	1397	UK	1	S	414374	10	5/962	7748	UK	1	0.188	UK
1296	Column_1296	52940	10	1	14923	3548	UK	1	S	388573	10	5/962	6786	UK	1	0.236	UK
1297	Column_1297	9206	10	1	14923	0617	UK	1	S	682446	10	5/962	11946	UK	1	0.261	UK
1298	Column_1298	53032	10	1	14923	3564	UK	1	S	416661	10	5/962	7788	UK	1	0.256	UK
1299	Column_1299	43212	10	1	14923	2886	UK	1	S	416661	10	5/962	7788	UK	1	0.236	UK
1300	Column_1300	48123	10	1	14923	3225	UK	1	S	412006	10	5/962	7708	UK	1	0.246	UK
1301	Column_1301	49920	10	1	14923	3346	UK	1	S	466743	10	5/962	8570	UK	1	0.278	UK
1302	Column_1302	18837	10	1	14923	1262	UK	1	S	346864	10	5/962	5967	UK	1	0.160	UK
1303	Column_1303	3927	10	1	14923	0263	UK	1	S	466743	10	5/962	8570	UK	1	0.181	UK
1304	Column_1304	46890	10	1	14923	3742	UK	1	S	474634	10	5/962	8789	UK	1	0.264	UK
1305	Column_1305	26567	10	1	14923	1780	UK	1	S	621541	10	5/962	10723	UK	1	0.272	UK
1306	Column_1306	54626	10	1	14923	3661	UK	1	S	507680	10	5/962	8759	UK	1	0.292	UK
1307	Column_1307	51566	10	1	14923	3468	UK	1	S	507680	10	5/962	8759	UK	1	0.286	UK
1308	Column_1308	53111	10	1	14923	3569	UK	1	S	166236	10	5/962	2868	UK	1	0.169	UK
1309	Column_1309	18267	10	1	14923	1223	UK	1	S	666664	10	5/962	12078	UK	1	0.281	UK
1310	Column_1310	17897	10	1	14923	1199	UK	1	S	664779	10	5/962	11469	UK	1	0.269	UK
1311	Column_1311	16026	10	1	14923	1074	UK	1	S	70866	10	5/962	12264	UK	1	0.282	UK
1312	Column_1312	22943	10	1	14923	1537	UK	1	S	728197	10	5/962	12563	UK	1	0.302	UK
1317	Column_1317	55703	10	1	14923	3733	UK	1	S	497467	10	5/962	8479	UK	1	0.288	UK
1318	Column_1318	46367	10	1	14923	3707	UK	1	S	613766	10	5/962	10579	UK	1	0.311	UK
1319	Column_1319	46043	10	1	14923	3086	UK	1	S	497467	10	5/962	8479	UK	1	0.268	UK
1320	Column_1320	56300	10	1	14923	3773	UK	1	S	1064346	10	5/962	18790	UK	1	0.486	UK
1321	Column_1321	40883	10	1	14923	2740	UK	1	S	1066263	10	5/962	18223	UK	1	0.464	UK
1322	Column_1322	56886	10	1	14923	3813	UK	1	S	488921	10	5/962	8608	UK	1	0.293	UK
1323	Column_1323	36724	10	1	14923	2394	UK	1	S	488921	10	5/962	8608	UK	1	0.249	UK
1324	Column_1324	36048	10	1	14923	2416	UK	1	S	349962	10	5/962	6038	UK	1	0.198	UK
1325	Column_1325	13560	10	1	14923	0909	UK	1	S	497183	10	5/962	8578	UK	1	0.212	UK
1326	Column_1326	5780	10	1	14923	0387	UK	1	S	347144	10	5/962	5989	UK	1	0.133	UK
1327	Column_1327	8391	10	1	14923	0662	UK	1	S	497183	10	5/962	8578	UK	1	0.191	UK
1328	Column_1328	19469	10	1	14923	1304	UK	1	S	667549	10	5/962	11344	UK	1	0.270	UK
1329	Column_1329	20432	10	1	14923	1369	UK	1	S	466522	10	5/962	7889	UK	1	0.212	UK
1330	Column_1330	43482	10	1	14923	2916	UK	1	S	479821	10	5/962	8278	UK	1	0.269	UK
1331	Column_1331	44466	10	1	14923	2980	UK	1	S	479821	10	5/962	8278	UK	1	0.261	UK
1332	Column_1332	43979	10	1	14923	2947	UK	1	S	479821	10	5/962	8278	UK	1	0.260	UK
1333	Column_1333	111787	10	1	14923	7491	UK	1	S	270680	10	5/962	4670	UK	1	0.329	UK
1334	Column_1334	117263	10	1	14923	7867	UK	1	S	266760	10	5/962	4413	UK	1	0.336	UK
1335	Column_1335	115349	10	1	14923	7730	UK	1	S	288686	10	5/962	4463	UK	1	0.332	UK
1336	Column_1336	107901	10	1	14923	7231	UK	1	S	270936	10	5/962	4674	UK	1	0.327	UK
1340	Column_1340	60589	10	1	14923	4060	UK	1	S	407786	10	5/962	7036	UK	1	0.269	UK
1341	Column_1341	14901	10	1	14923	0999	UK	1	S	766849	10	5/962	13213	UK	1	0.298	UK
1342	Column_1342	5366	10	1	14923	0369	UK	1	S	407786	10	5/962	7036	UK	1	0.153	UK
1343	Column_1343	54611	10	1	14923	3660	UK	1	S	1111821	10	5/962	19782	UK	1	0.502	UK

1344	Column_1344	14208	10	1	14923	0952	UK	1	SI	1111513	10	57952	19176	UK	1	0417	UK
1345	Column_1345	48651	10	1	14923	3259	UK	1	SI	410412	10	57952	7081	UK	1	0245	UK
1346	Column_1346	23061	10	1	14923	1545	UK	1	SI	410412	10	57952	7081	UK	1	0191	UK
1347	Column_1347	23114	10	1	14923	1549	UK	1	SI	680081	10	57952	11733	UK	1	0286	UK
1349	Column_1349	16783	10	1	14923	1725	UK	1	SI	684173	10	57952	11459	UK	1	0267	UK
1350	Column_1350	10913	10	1	14923	0731	UK	1	SI	740303	10	57952	12772	UK	1	0281	UK
1351	Column_1351	8978	10	1	14923	0602	UK	1	SI	749650	10	57952	12933	UK	1	0280	UK
1354	Column_1354	13555	10	1	14923	0910	UK	1	SI	414538	10	57952	7752	UK	1	0173	UK
1355	Column_1355	9237	10	1	14923	0619	UK	1	SI	412229	10	57952	7712	UK	1	0163	UK
1356	Column_1356	7074	10	1	14923	0470	UK	1	SI	414538	10	57952	7752	UK	1	0159	UK
1357	Column_1357	13463	10	1	14923	0902	UK	1	SI	689563	10	57952	11897	UK	1	0289	UK
1358	Column_1358	7220	10	1	14923	0484	UK	1	SI	389106	10	57952	6796	UK	1	0140	UK
1359	Column_1359	24053	10	1	14923	1612	UK	1	SI	416316	10	57952	7783	UK	1	0196	UK
1360	Column_1360	21638	10	1	14923	1450	UK	1	SI	416316	10	57952	7783	UK	1	0191	UK
1361	Column_1361	22846	10	1	14923	1531	UK	1	SI	410358	10	57952	7080	UK	1	0191	UK
1362	Column_1362	3570	10	1	14923	0239	UK	1	SI	684319	10	57952	11979	UK	1	0250	UK
1363	Column_1363	2652	10	1	14923	0178	UK	1	SI	686047	10	57952	11491	UK	1	0238	UK
1364	Column_1364	11748	10	1	14923	0787	UK	1	SI	711554	10	57952	12276	UK	1	0273	UK
1365	Column_1365	4633	10	1	14923	0310	UK	1	SI	728447	10	57952	12568	UK	1	0264	UK
1369	Column_1369	48856	10	1	14923	3274	UK	1	SI	408961	10	57952	7086	UK	1	0245	UK
1372	Column_1372	37084	10	1	14923	2485	UK	1	SI	388254	10	57952	6785	UK	1	0215	UK
1373	Column_1373	35929	10	1	14923	2408	UK	1	SI	391733	10	57952	6758	UK	1	0212	UK
1374	Column_1374	40788	10	1	14923	2733	UK	1	SI	407678	10	57952	7033	UK	1	0228	UK
1561	Column_1561	194762	15	1	33576	5801	UK	1	SI	1763122	15	195623	9073	UK	1	0364	UK
1562	Column_1562	28071	10	1	14923	1881	UK	1	SI	823221	10	57952	14203	UK	1	0346	UK
1563	Column_1563	168680	15	1	33576	5024	UK	1	SI	2741673	15	195623	10948	UK	1	0378	UK
1564	Column_1564	41207	10	1	14923	2761	UK	1	SI	1352185	10	57952	23329	UK	1	0568	UK
1565	Column_1565	136673	10	1	14923	9759	UK	1	SI	1766735	10	57952	30481	UK	1	0903	UK
1566	Column_1566	19945	10	1	14923	1337	UK	1	SI	855405	10	57952	14930	UK	1	0344	UK
1567	Column_1567	168195	10	1	14923	11271	UK	1	SI	1555872	10	57952	27350	UK	1	0906	UK
1568	Column_1568	31073	10	1	14923	2082	UK	1	SI	879791	10	57952	15179	UK	1	0372	UK
1569	Column_1569	9566	10	1	14923	0668	UK	1	SI	1945643	10	57952	33567	UK	1	0699	UK
1570	Column_1570	14261	10	1	14923	0956	UK	1	SI	1392968	10	57952	24032	UK	1	0516	UK
1571	Column_1571	23357	10	1	14923	1565	UK	1	SI	1555119	10	57952	27347	UK	1	0602	UK
1572	Column_1572	97115	10	1	14923	0611	UK	1	SI	877888	10	57952	15746	UK	1	0325	UK
1573	Column_1573	198057	10	1	14923	13272	UK	1	SI	1453745	10	57952	25070	UK	1	0922	UK
1574	Column_1574	25943	10	1	14923	1739	UK	1	SI	680613	10	57952	11742	UK	1	0292	UK
1575	Column_1575	3698	10	1	14923	0248	UK	1	SI	1847220	10	57952	31869	UK	1	0662	UK
1576	Column_1576	4723	10	1	14923	0316	UK	1	SI	1280894	10	57952	21754	UK	1	0450	UK
1577	Column_1577	20947	10	1	14923	1404	UK	1	SI	1478942	10	57952	25516	UK	1	0560	UK
1578	Column_1578	4292	10	1	14923	0288	UK	1	SI	751728	10	57952	12969	UK	1	0271	UK
356	Beam_356	855855	15	3	100727	8299	UK	1	SI	7300257	15	195623	37318	UK	1	1074	Redone
358	Beam_358	636429	15	2	67.152	9478	UK	1	SI	5548554	15	195623	28355	UK	1	0870	UK
359	Beam_359	667935	15	2	67.152	9948	UK	1	SI	5033740	15	195623	26035	UK	1	0837	UK
362	Beam_362	0001	15	2	67.152	0000	UK	1	SI	2136436	15	195623	10931	UK	1	0221	UK
363	Beam_363	0000	15	2	67.152	0000	UK	1	SI	2136436	15	195623	10931	UK	1	0221	UK
364	Beam_364	0001	15	2	67.152	0000	UK	1	SI	2136423	15	195623	10931	UK	1	0221	UK
365	Beam_365	0008	15	2	67.152	0000	UK	1	SI	2121965	15	195623	10847	UK	1	0219	UK
366	Beam_366	648557	15	2	67.152	9668	UK	1	SI	5263839	15	195623	26908	UK	1	0846	UK
367	Beam_367	0008	15	2	67.152	0000	UK	1	SI	2121969	15	195623	10847	UK	1	0219	UK
368	Beam_368	0001	15	2	67.152	0000	UK	1	SI	2136423	15	195623	10931	UK	1	0221	UK
369	Beam_369	0001	15	2	67.152	0000	UK	1	SI	2136436	15	195623	10931	UK	1	0221	UK
370	Beam_370	0001	15	2	67.152	0000	UK	1	SI	2136436	15	195623	10931	UK	1	0221	UK
371	Beam_371	0001	15	2	67.152	0000	UK	1	SI	2136423	15	195623	10931	UK	1	0221	UK
372	Beam_372	0009	15	2	67.152	0000	UK	1	SI	2121988	15	195623	10847	UK	1	0219	UK
373	Beam_373	714223	15	2	67.152	10636	UK	1	SI	5699544	15	195623	29735	UK	1	0922	UK
374	Beam_374	0001	15	2	67.152	0000	UK	1	SI	1210808	15	195623	6789	UK	1	0125	UK
375	Beam_375	0000	15	2	67.152	0000	UK	1	SI	2400606	15	195623	12272	UK	1	0248	UK
376	Beam_376	0008	15	2	67.152	0000	UK	1	SI	1981739	15	195623	10771	UK	1	0206	UK
377	Beam_377	0001	15	2	67.152	0000	UK	1	SI	1210823	15	195623	6790	UK	1	0125	UK

378	Beam_378	0000	15	2	67.152	0000	UK	1	SI	2400535	15	195623	12271	UK	1	0248	UK
379	Beam_379	0007	15	2	67.152	0000	UK	1	SI	1989/76	15	195623	10171	UK	1	0246	UK
384	Beam_384	724366	15	2	67.152	10187	UK	1	SI	5832563	15	195623	29875	UK	1	0940	UK
385	Beam_385	31465	15	2	67.152	0468	UK	1	SI	2516387	15	195623	12863	UK	1	0275	UK
387	Beam_387	0007	15	2	67.152	0000	UK	1	SI	2014876	15	195623	10300	UK	1	0248	UK
388	Beam_388	0001	15	2	67.152	0000	UK	1	SI	2033407	15	195623	10355	UK	1	0210	UK
389	Beam_389	0001	15	2	67.152	0000	UK	1	SI	1986350	15	195623	10154	UK	1	0205	UK
390	Beam_390	0000	15	2	67.152	0000	UK	1	SI	2012304	15	195623	10287	UK	1	0248	UK
1380	Beam_1380	95646	15	2	67.152	1424	UK	1	SI	1948477	15	195623	9960	UK	1	0246	UK
1381	Beam_1381	273401	15	2	67.152	4071	UK	1	SI	2116673	15	195623	10820	UK	1	0346	UK
1382	Beam_1382	86408	15	2	67.152	1287	UK	1	SI	1524022	15	195623	7791	UK	1	0198	UK
1389	Beam_1389	13804	15	2	67.152	0206	UK	1	SI	680503	15	195623	3530	UK	1	0078	UK
1392	Beam_1392	15307	15	2	67.152	0228	UK	1	SI	680107	15	195623	3528	UK	1	0078	UK
1394	Beam_1394	15195	15	2	67.152	0226	UK	1	SI	599597	15	195623	3055	UK	1	0059	UK
1395	Beam_1395	13778	15	2	67.152	0205	UK	1	SI	582834	15	195623	2979	UK	1	0067	UK
1406	Beam_1406	0000	15	2	67.152	0000	UK	1	SI	279255	15	195623	1428	UK	1	0029	UK
1407	Beam_1407	0000	15	2	67.152	0000	UK	1	SI	279255	15	195623	1428	UK	1	0029	UK
1423	Beam_1423	0001	15	2	67.152	0000	UK	1	SI	229214	15	195623	1172	UK	1	0024	UK
1467	Beam_1467	22202	15	2	67.152	0331	UK	1	SI	1438149	15	195623	7352	UK	1	0159	UK
1468	Beam_1468	3522	15	2	67.152	0052	UK	1	SI	1178291	15	195623	6023	UK	1	0123	UK
1469	Beam_1469	8534	15	2	67.152	0127	UK	1	SI	1146346	15	195623	5860	UK	1	0122	UK
1470	Beam_1470	9369	15	2	67.152	0140	UK	1	SI	1153079	15	195623	5894	UK	1	0124	UK
1471	Beam_1471	13059	15	2	67.152	0194	UK	1	SI	1142550	15	195623	5841	UK	1	0124	UK
1472	Beam_1472	37932	15	2	67.152	0565	UK	1	SI	1417889	15	195623	7248	UK	1	0164	UK
184	Barademadera_184	133405	10	1	14923	8940	UK	1	SI	1002529	10	57952	17255	UK	1	0629	UK
185	Barademadera_185	133235	10	1	14923	8930	UK	1	SI	1034288	10	57952	17844	UK	1	0640	UK
186	Barademadera_186	53619	10	1	14923	3593	UK	1	SI	2355253	10	57952	39772	UK	1	0916	UK
187	Barademadera_187	18035	10	1	14923	1212	UK	1	SI	671450	10	57952	11584	UK	1	0272	UK
204	Barademadera_204	276228	15	1	33576	8227	UK	1	SI	1987138	15	195623	10158	UK	1	0463	UK
205	Barademadera_205	274952	15	1	33576	8189	UK	1	SI	2056808	15	195623	10412	UK	1	0467	UK
206	Barademadera_206	105587	12	1	21488	4960	UK	1	SI	2531514	12	100159	25275	UK	1	0666	UK
207	Barademadera_207	22547	10	1	14923	1511	UK	1	SI	664830	10	57952	11238	UK	1	0276	UK
224	Barademadera_224	123347	10	1	14923	8266	UK	1	SI	984810	10	57952	16991	UK	1	0602	UK
225	Barademadera_225	123167	10	1	14923	8254	UK	1	SI	1017101	10	57952	17548	UK	1	0613	UK
226	Barademadera_226	70518	12	1	21488	3282	UK	1	SI	2400825	12	100159	24170	UK	1	0591	UK
227	Barademadera_227	41194	10	1	14923	2761	UK	1	SI	667735	10	57952	12021	UK	1	0329	UK
264	Barademadera_264	105217	10	1	14923	7051	UK	1	SI	1034979	10	57952	17855	UK	1	0582	UK
317	Barademadera_317	7202	10	1	14923	0483	UK	1	SI	665985	10	57952	12008	UK	1	0258	UK
318	Barademadera_318	23014	10	1	14923	1542	UK	1	SI	660782	10	57952	11745	UK	1	0286	UK
326	Barademadera_326	435403	15	1	33576	12968	UK	1	SI	1010335	15	195623	5165	UK	1	0510	UK
327	Barademadera_327	1588716	15	2	67.152	23669	UK	1	SI	1290320	15	195623	6585	UK	1	0873	UK
328	Barademadera_328	452372	15	1	33576	13473	UK	1	SI	1292258	15	195623	6605	UK	1	0555	UK
329	Barademadera_329	154207	15	2	67.152	22965	UK	1	SI	106199	15	195623	5245	UK	1	0824	UK
330	Barademadera_330	463265	15	1	33576	13798	UK	1	SI	1094359	15	195623	5594	UK	1	0545	UK
331	Barademadera_331	1781209	15	2	67.152	26525	UK	1	SI	1350875	15	195623	6905	UK	1	0959	UK
332	Barademadera_332	465789	14	1	29248	15960	UK	1	SI	1351983	14	159049	8500	UK	1	0671	UK
333	Barademadera_333	1729357	15	2	67.152	25753	UK	1	SI	1083238	15	195623	5588	UK	1	0919	UK
334	Barademadera_334	488347	15	2	67.152	7421	UK	1	SI	1221709	15	195623	6245	UK	1	0358	UK
335	Barademadera_335	198779	15	2	67.152	28425	UK	1	SI	1485414	15	195623	7649	UK	1	1044	Redsere
336	Barademadera_336	505541	15	1	33576	15087	UK	1	SI	1485241	15	195623	7633	UK	1	0626	UK
337	Barademadera_337	1831803	15	2	67.152	27279	UK	1	SI	1285359	15	195623	6279	UK	1	0980	UK
338	Barademadera_338	1893332	15	2	67.152	27985	UK	1	SI	1104700	15	195623	5647	UK	1	0990	UK
341	Barademadera_341	545505	15	2	67.152	8138	UK	1	SI	1255348	15	195623	6627	UK	1	0389	UK
342	Barademadera_342	1921625	15	2	67.152	28616	UK	1	SI	1318190	15	195623	6738	UK	1	1031	Redsere
343	Barademadera_343	539945	15	2	67.152	8041	UK	1	SI	1056616	15	195623	5488	UK	1	0363	UK
345	Barademadera_345	449737	15	1	33576	13335	UK	1	SI	1089744	15	195623	5571	UK	1	0532	UK
346	Barademadera_346	1657212	15	2	67.152	24579	UK	1	SI	1099141	15	195623	5619	UK	1	0885	UK
347	Barademadera_347	423260	15	1	33576	12605	UK	1	SI	926425	15	195623	4735	UK	1	0490	UK
348	Barademadera_348	1340790	15	2	67.152	19957	UK	1	SI	855953	15	195623	4376	UK	1	0713	UK
349	Barademadera_349	322510	15	1	33576	11680	UK	1	SI	933550	15	195623	5028	UK	1	0467	UK

350	Barra de madera_350	146224	15	2	67.152	21.239	UK	1	SI	105562	15	195623	5.140	UK	1	0.768	UK
351	Barra de madera_351	364880	15	1	33576	10867	UK	1	SI	86029	15	195623	4.223	UK	1	0.425	UK
1289	Barra de madera_1289	256429	10	1	14923	17.184	UK	1	SI	317.180	10	57962	5472	UK	1	0.648	UK
1290	Barra de madera_1290	290700	10	1	14923	19481	UK	1	SI	535045	10	57962	9231	UK	1	0.796	UK
1291	Barra de madera_1291	257765	10	1	14923	17274	UK	1	SI	533388	10	57962	9202	UK	1	0.726	UK
1292	Barra de madera_1292	266799	10	1	14923	17879	UK	1	SI	332465	10	57962	5736	UK	1	0.675	UK
1313	Barra de madera_1313	285915	10	1	14923	19.160	UK	1	SI	449519	10	57962	7.755	UK	1	0.756	UK
1314	Barra de madera_1314	541988	15	2	67.152	8071	UK	1	SI	646632	15	195623	3335	UK	1	0.319	UK
1315	Barra de madera_1315	256199	10	1	14923	17.169	UK	1	SI	647975	10	57962	11.179	UK	1	0.763	UK
1316	Barra de madera_1316	490485	15	2	67.152	7304	UK	1	SI	447942	15	195623	2290	UK	1	0.275	UK
1337	Barra de madera_1337	325035	10	1	14923	21.785	UK	1	SI	370968	10	57962	6400	UK	1	0.811	UK
1338	Barra de madera_1338	315198	10	1	14923	21.122	UK	1	SI	555385	10	57962	9735	UK	1	0.868	UK
1339	Barra de madera_1339	302685	10	1	14923	20284	UK	1	SI	552167	10	57962	9689	UK	1	0.831	UK
1352	Barra de madera_1352	323149	10	1	14923	21.685	UK	1	SI	374713	10	57962	6465	UK	1	0.808	UK
1353	Barra de madera_1353	444084	15	1	33576	13226	UK	1	SI	375388	15	195623	1919	UK	1	0.453	UK
1366	Barra de madera_1366	312029	10	1	14923	20970	UK	1	SI	559474	10	57962	9652	UK	1	0.849	UK
1367	Barra de madera_1367	470823	15	1	33576	14023	UK	1	SI	554073	15	195623	2832	UK	1	0.496	UK
1368	Barra de madera_1368	336746	10	1	14923	22566	UK	1	SI	364694	10	57962	6292	UK	1	0.833	UK
1371	Barra de madera_1371	928685	15	2	67.152	13829	UK	1	SI	727819	15	195623	3721	UK	1	0.508	UK
1375	Barra de madera_1375	365845	10	1	14923	24576	UK	1	SI	611940	10	57962	10588	UK	1	0.980	UK
1376	Barra de madera_1376	350842	10	1	14923	23511	UK	1	SI	314850	10	57962	5432	UK	1	0.845	UK
1377	Barra de madera_1377	271022	10	1	14923	18.162	UK	1	SI	449427	10	57962	7.754	UK	1	0.725	UK
1378	Barra de madera_1378	377042	10	1	14923	25267	UK	1	SI	447787	10	57962	7.725	UK	1	0.947	UK
1379	Barra de madera_1379	300346	10	1	14923	20727	UK	1	SI	336729	10	57962	5292	UK	1	0.737	UK
1409	Barra de madera_1409	79574	10	1	14923	5332	UK	1	SI	43754	10	57962	0745	UK	1	0.182	UK
1410	Barra de madera_1410	82083	10	1	14923	5501	UK	1	SI	126277	10	57962	2179	UK	1	0.216	UK
1411	Barra de madera_1411	24489	10	1	14923	1641	UK	1	SI	439766	10	57962	7587	UK	1	0.235	UK
1412	Barra de madera_1412	30886	10	1	14923	2068	UK	1	SI	124934	10	57962	2155	UK	1	0.108	UK
1413	Barra de madera_1413	229645	10	1	14923	15389	UK	1	SI	152364	10	57962	2629	UK	1	0.535	UK
1431	Barra de madera_1431	2065	10	1	14923	0738	UK	1	SI	1264836	10	57962	21822	UK	1	0.445	UK
1432	Barra de madera_1432	49765	10	1	14923	3335	UK	1	SI	129187	10	57962	2229	UK	1	0.149	UK
1433	Barra de madera_1433	177409	10	1	14923	11889	UK	1	SI	213577	10	57962	3685	UK	1	0.446	UK
1434	Barra de madera_1434	173973	10	1	14923	11688	UK	1	SI	207215	10	57962	3575	UK	1	0.437	UK
1435	Barra de madera_1435	41391	10	1	14923	2774	UK	1	SI	147418	10	57962	2543	UK	1	0.138	UK
1436	Barra de madera_1436	6283	10	1	14923	0421	UK	1	SI	124976	10	57962	21561	UK	1	0.449	UK
1437	Barra de madera_1437	101089	10	1	14923	6774	UK	1	SI	801713	10	57962	13822	UK	1	0.491	UK
1438	Barra de madera_1438	60684	10	1	14923	4065	UK	1	SI	116546	10	57962	2071	UK	1	0.168	UK
1439	Barra de madera_1439	280376	10	1	14923	18789	UK	1	SI	471816	10	57962	8140	UK	1	0.752	UK
1440	Barra de madera_1440	13736	10	1	14923	0921	UK	1	SI	801635	10	57962	13830	UK	1	0.338	UK
1441	Barra de madera_1441	9983	10	1	14923	0670	UK	1	SI	123767	10	57962	2125	UK	1	0.064	UK
1442	Barra de madera_1442	284571	10	1	14923	19070	UK	1	SI	465044	10	57962	8588	UK	1	0.770	UK
1443	Barra de madera_1443	14131	10	1	14923	0947	UK	1	SI	1302374	10	57962	22469	UK	1	0.484	UK
1444	Barra de madera_1444	61063	10	1	14923	4092	UK	1	SI	175589	10	57962	3029	UK	1	0.189	UK
1445	Barra de madera_1445	104542	10	1	14923	7006	UK	1	SI	209083	10	57962	3607	UK	1	0.292	UK
1446	Barra de madera_1446	90484	10	1	14923	6064	UK	1	SI	211436	10	57962	3648	UK	1	0.263	UK
1447	Barra de madera_1447	12256	10	1	14923	0821	UK	1	SI	200604	10	57962	3461	UK	1	0.086	UK
1448	Barra de madera_1448	6709	10	1	14923	0460	UK	1	SI	1256460	10	57962	22360	UK	1	0.466	UK
1449	Barra de madera_1449	373985	15	1	33576	11.139	UK	1	SI	676079	15	195623	3466	UK	1	0.478	UK
1450	Barra de madera_1450	18923	10	1	14923	1268	UK	1	SI	134233	10	57962	2376	UK	1	0.086	UK
1451	Barra de madera_1451	24637	10	1	14923	1661	UK	1	SI	86663	10	57962	13907	UK	1	0.333	UK
1452	Barra de madera_1452	127254	10	1	14923	8528	UK	1	SI	89587	10	57962	13988	UK	1	0.549	UK
1453	Barra de madera_1453	90946	10	1	14923	6095	UK	1	SI	135467	10	57962	2337	UK	1	0.238	UK
1454	Barra de madera_1454	350001	10	1	14923	23464	UK	1	SI	634761	10	57962	10941	UK	1	0.955	UK
1455	Barra de madera_1455	2432	10	1	14923	0763	UK	1	SI	1012897	10	57962	17475	UK	1	0.368	UK
1456	Barra de madera_1456	37800	10	1	14923	2533	UK	1	SI	120725	10	57962	2072	UK	1	0.121	UK
1457	Barra de madera_1457	125705	10	1	14923	8424	UK	1	SI	202704	10	57962	3487	UK	1	0.334	UK
1458	Barra de madera_1458	119332	10	1	14923	7997	UK	1	SI	198323	10	57962	3422	UK	1	0.319	UK
1459	Barra de madera_1459	19886	10	1	14923	1333	UK	1	SI	136935	10	57962	2362	UK	1	0.089	UK
1460	Barra de madera_1460	4565	10	1	14923	0306	UK	1	SI	1165084	10	57962	19083	UK	1	0.395	UK
1461	Barra de madera_1461	260549	10	1	14923	17460	UK	1	SI	488799	10	57962	7975	UK	1	0.706	UK

1462	BarraCemadera_1462	7.333	10	1	14923	0491	UK	1	SI	115629	10	57962	1995	UK	1	0066	UK
1463	BarraCemadera_1463	10.741	10	1	14923	0.720	UK	1	SI	115.711	10	57962	13.334	UK	1	0293	UK
1464	BarraCemadera_1464	88.148	10	1	14923	59.07	UK	1	SI	166.734	10	57962	13.228	UK	1	0462	UK
1465	BarraCemadera_1465	51822	10	1	14923	3473	UK	1	SI	113964	10	57962	1966	UK	1	0148	UK
1466	BarraCemadera_1466	248.722	10	1	14923	16667	UK	1	SI	430970	10	57962	7435	UK	1	0672	UK
1473	BarraCemadera_1473	30.103	10	1	14923	2017	UK	1	SI	242566	10	57962	4.185	UK	1	0.148	UK
1476	BarraCemadera_1476	16887	10	1	14923	1.132	UK	1	SI	355588	10	57962	6.135	UK	1	0.159	UK
1477	BarraCemadera_1477	12683	10	1	14923	0860	UK	1	SI	142968	10	57962	2467	UK	1	0076	UK
1478	BarraCemadera_1478	29504	10	1	14923	1977	UK	1	SI	47.199	10	57962	0814	UK	1	0078	UK
1479	BarraCemadera_1479	22706	10	1	14923	1481	UK	1	SI	62536	10	57962	1079	UK	1	0068	UK
1480	BarraCemadera_1480	3595	10	1	14923	0241	UK	1	SI	168687	10	57962	2910	UK	1	0066	UK
1481	BarraCemadera_1481	3562	10	1	14923	0239	UK	1	SI	339840	10	57962	5863	UK	1	0126	UK
1482	BarraCemadera_1482	17538	10	1	14923	1.715	UK	1	SI	181966	10	57962	3.139	UK	1	0100	UK
1483	BarraCemadera_1483	19495	10	1	14923	1.306	UK	1	SI	64660	10	57962	1.715	UK	1	0063	UK
1484	BarraCemadera_1484	231965	10	1	14923	15545	UK	1	SI	440049	10	57962	7592	UK	1	0640	UK
1485	BarraCemadera_1485	4548	10	1	14923	0.306	UK	1	SI	181240	10	57962	3.710	UK	1	0072	UK
1486	BarraCemadera_1486	5307	10	1	14923	0.366	UK	1	SI	118.780	10	57962	2049	UK	1	0063	UK
1487	BarraCemadera_1487	252336	10	1	14923	16970	UK	1	SI	474487	10	57962	8.786	UK	1	0694	UK
1488	BarraCemadera_1488	237049	15	1	33576	7.060	UK	1	SI	1984581	15	195623	10.745	UK	1	0426	UK
1489	BarraCemadera_1489	237237	15	1	33576	7.066	UK	1	SI	2034825	15	195623	10402	UK	1	0431	UK
1490	BarraCemadera_1490	23836	10	1	14923	1597	UK	1	SI	782573	10	57962	13501	UK	1	0323	UK
1491	BarraCemadera_1491	16.138	10	1	14923	1081	UK	1	SI	375072	10	57962	6471	UK	1	0.765	UK
1492	BarraCemadera_1492	14065	10	1	14923	0946	UK	1	SI	135208	10	57962	2333	UK	1	0077	UK
1493	BarraCemadera_1493	30040	10	1	14923	2013	UK	1	SI	39243	10	57962	0677	UK	1	0077	UK
1494	BarraCemadera_1494	25369	10	1	14923	1.701	UK	1	SI	39429	10	57962	0680	UK	1	0067	UK
1495	BarraCemadera_1495	3794	10	1	14923	0254	UK	1	SI	163661	10	57962	2823	UK	1	0065	UK
1496	BarraCemadera_1496	4912	10	1	14923	0.329	UK	1	SI	356674	10	57962	6.136	UK	1	0.134	UK
1497	BarraCemadera_1497	13757	10	1	14923	0922	UK	1	SI	157619	10	57962	2719	UK	1	0084	UK
1498	BarraCemadera_1498	20314	10	1	14923	1361	UK	1	SI	59425	10	57962	1025	UK	1	0063	UK
1499	BarraCemadera_1499	229344	10	1	14923	15369	UK	1	SI	442453	10	57962	7633	UK	1	0635	UK
1500	BarraCemadera_1500	3734	10	1	14923	0250	UK	1	SI	157080	10	57962	2710	UK	1	0063	UK
1501	BarraCemadera_1501	5331	10	1	14923	0.357	UK	1	SI	117662	10	57962	2030	UK	1	0062	UK
1502	BarraCemadera_1502	236781	10	1	14923	15867	UK	1	SI	471454	10	57962	8.134	UK	1	0661	UK
1503	BarraCemadera_1503	235965	15	1	33576	7.028	UK	1	SI	198787	15	195623	10.715	UK	1	0424	UK
1504	BarraCemadera_1504	236624	15	1	33576	7.047	UK	1	SI	2031063	15	195623	10382	UK	1	0430	UK
1505	BarraCemadera_1505	28666	10	1	14923	1921	UK	1	SI	777361	10	57962	13471	UK	1	0331	UK
1506	BarraCemadera_1506	3963	10	1	14923	0266	UK	1	SI	34461	10	57962	0595	UK	1	0020	UK
1507	BarraCemadera_1507	13677	10	1	14923	0917	UK	1	SI	388207	10	57962	6.780	UK	1	0.754	UK
1508	BarraCemadera_1508	11484	10	1	14923	0770	UK	1	SI	143954	10	57962	2484	UK	1	0074	UK
1509	BarraCemadera_1509	21441	10	1	14923	1437	UK	1	SI	47470	10	57962	0818	UK	1	0061	UK
1510	BarraCemadera_1510	20466	10	1	14923	1371	UK	1	SI	58717	10	57962	1073	UK	1	0063	UK
1511	BarraCemadera_1511	2348	10	1	14923	0.157	UK	1	SI	173176	10	57962	2988	UK	1	0065	UK
1512	BarraCemadera_1512	2438	10	1	14923	0.163	UK	1	SI	321865	10	57962	5563	UK	1	0.717	UK
1513	BarraCemadera_1513	16229	10	1	14923	1092	UK	1	SI	169717	10	57962	2979	UK	1	0093	UK
1514	BarraCemadera_1514	17241	10	1	14923	1.155	UK	1	SI	60.747	10	57962	1048	UK	1	0067	UK
1515	BarraCemadera_1515	249150	10	1	14923	16686	UK	1	SI	443469	10	57962	7661	UK	1	0677	UK
1516	BarraCemadera_1516	3766	10	1	14923	0212	UK	1	SI	166611	10	57962	2874	UK	1	0065	UK
1517	BarraCemadera_1517	3408	10	1	14923	0228	UK	1	SI	117587	10	57962	2029	UK	1	0048	UK
1518	BarraCemadera_1518	26484	10	1	14923	17188	UK	1	SI	473047	10	57962	8.761	UK	1	0.703	UK
1519	BarraCemadera_1519	232044	15	1	33576	6911	UK	1	SI	198266	15	195623	10.713	UK	1	0421	UK
1520	BarraCemadera_1520	232256	15	1	33576	6919	UK	1	SI	203082	15	195623	10378	UK	1	0426	UK
1521	BarraCemadera_1521	23174	10	1	14923	1563	UK	1	SI	773742	10	57962	13349	UK	1	0378	UK
1522	BarraCemadera_1522	319241	10	1	14923	21393	UK	1	SI	221.136	10	57962	3875	UK	1	0.746	UK
1539	BarraCemadera_1539	18563	10	1	14923	1244	UK	1	SI	360832	10	57962	6570	UK	1	0.712	UK
1540	BarraCemadera_1540	13447	10	1	14923	0901	UK	1	SI	130771	10	57962	2266	UK	1	0074	UK
1541	BarraCemadera_1541	32552	10	1	14923	2781	UK	1	SI	44420	10	57962	0766	UK	1	0084	UK
1542	BarraCemadera_1542	26334	10	1	14923	1.765	UK	1	SI	42786	10	57962	0728	UK	1	0070	UK
1543	BarraCemadera_1543	2784	10	1	14923	0.787	UK	1	SI	158546	10	57962	2736	UK	1	0061	UK
1544	BarraCemadera_1544	3744	10	1	14923	0251	UK	1	SI	339574	10	57962	5869	UK	1	0126	UK
1545	BarraCemadera_1545	229388	10	1	14923	15372	UK	1	SI	465025	10	57962	8023	UK	1	0643	UK

1546	Barra de madera_1546	8330	10	1	14923	0562	OK	1	SI	114067	10	57962	1968	OK	1	0057	OK
1547	Barra de madera_1547	6263	10	1	14923	0420	OK	1	SI	125749	10	57962	2769	OK	1	0057	OK
1548	Barra de madera_1548	11671	10	1	14923	0782	OK	1	SI	127276	10	57962	2796	OK	1	0059	OK
1549	Barra de madera_1549	15338	10	1	14923	1028	OK	1	SI	58882	10	57962	1075	OK	1	0053	OK
1550	Barra de madera_1550	218154	10	1	14923	14679	OK	1	SI	434433	10	57962	7496	OK	1	0009	OK
1551	Barra de madera_1551	229690	15	1	33576	6841	OK	1	SI	190337	15	195623	10072	OK	1	0418	OK
1552	Barra de madera_1552	230306	15	1	33576	6869	OK	1	SI	202204	15	195623	10337	OK	1	0424	OK
1553	Barra de madera_1553	28368	10	1	14923	1900	OK	1	SI	774068	10	57962	13366	OK	1	0329	OK
1554	Barra de madera_1554	209029	10	1	14923	14008	OK	1	SI	106090	10	57962	1830	OK	1	0475	OK
1559	Barra de madera_1559	194341	10	1	14923	13023	OK	1	SI	565821	10	57962	9762	OK	1	0056	OK
1560	Barra de madera_1560	116929	10	1	14923	7836	OK	1	SI	277711	10	57962	4791	OK	1	0342	OK
1579	Barra de madera_1579	0000	10	1	14923	0000	OK	1	SI	47517	10	57962	0820	OK	1	0017	OK
1580	Barra de madera_1580	0000	10	1	14923	0000	OK	1	SI	47517	10	57962	0820	OK	1	0017	OK
1581	Barra de madera_1581	0000	10	1	14923	0000	OK	1	SI	47517	10	57962	0820	OK	1	0017	OK
1582	Barra de madera_1582	0000	10	1	14923	0000	OK	1	SI	47517	10	57962	0820	OK	1	0017	OK
1583	Barra de madera_1583	0000	10	1	14923	0000	OK	1	SI	47517	10	57962	0820	OK	1	0017	OK
1584	Barra de madera_1584	0000	10	1	14923	0000	OK	1	SI	47517	10	57962	0820	OK	1	0017	OK
1585	Barra de madera_1585	0000	10	1	14923	0000	OK	1	SI	47517	10	57962	0820	OK	1	0017	OK
1586	Barra de madera_1586	0000	10	1	14923	0000	OK	1	SI	47517	10	57962	0820	OK	1	0017	OK
1587	Barra de madera_1587	0000	10	1	14923	0000	OK	1	SI	47517	10	57962	0820	OK	1	0017	OK
1588	Barra de madera_1588	0000	10	1	14923	0000	OK	1	SI	47517	10	57962	0820	OK	1	0017	OK
1589	Barra de madera_1589	0000	10	1	14923	0000	OK	1	SI	47517	10	57962	0820	OK	1	0017	OK
1590	Barra de madera_1590	0000	10	1	14923	0000	OK	1	SI	47517	10	57962	0820	OK	1	0017	OK
1591	Barra de madera_1591	0000	10	1	14923	0000	OK	1	SI	47517	10	57962	0820	OK	1	0017	OK
1592	Barra de madera_1592	0000	10	1	14923	0000	OK	1	SI	47517	10	57962	0820	OK	1	0017	OK
1593	Barra de madera_1593	0000	10	1	14923	0000	OK	1	SI	47517	10	57962	0820	OK	1	0017	OK
1594	Barra de madera_1594	0000	10	1	14923	0000	OK	1	SI	47517	10	57962	0820	OK	1	0017	OK
1595	Barra de madera_1595	0000	10	1	14923	0000	OK	1	SI	47517	10	57962	0820	OK	1	0017	OK
1596	Barra de madera_1596	0000	10	1	14923	0000	OK	1	SI	47517	10	57962	0820	OK	1	0017	OK
1597	Barra de madera_1597	0000	10	1	14923	0000	OK	1	SI	47517	10	57962	0820	OK	1	0017	OK
1598	Barra de madera_1598	0000	10	1	14923	0000	OK	1	SI	26133	10	57962	0434	OK	1	0009	OK
1599	Barra de madera_1599	2870122	18	2	96688	29681	OK	1	SI	1365574	18	338037	40740	OK	1	1070	Redonde
1600	Barra de madera_1600	0000	10	1	14923	0000	OK	1	SI	47517	10	57962	0820	OK	1	0017	OK
1601	Barra de madera_1601	0000	10	1	14923	0000	OK	1	SI	47517	10	57962	0820	OK	1	0017	OK
1602	Barra de madera_1602	0000	10	1	14923	0000	OK	1	SI	47517	10	57962	0820	OK	1	0017	OK
1603	Barra de madera_1603	0000	10	1	14923	0000	OK	1	SI	47517	10	57962	0820	OK	1	0017	OK

Tabla 44: Diseño de Elementos individuales para Tensión axial y/o Flexión

10.5. DISEÑO DE ELEMENTOS INDIVIDUALES PARA CORTE PARALELO A LA FIBRA

Corte Paralelo a la Fibra								
Elemento	Tipo	Cortante (kg)	De (cm)	A (cm ²)	f _v (kg)	Condición	#Elementos	Conclusión
356	Beam_356	5.950	15	33.576	0.236	OK	1	
358	Beam_358	5.042	15	33.576	0.200	OK	1	
359	Beam_359	94.849	15	33.576	3.767	Error	2	Se deben colocar los culmos especificados en esta celda.
362	Beam_362	99.458	15	33.576	3.950	Error	2	Se deben colocar los culmos especificados en esta celda.
363	Beam_363	99.459	15	33.576	3.950	Error	2	Se deben colocar los culmos especificados en esta celda.
364	Beam_364	99.459	15	33.576	3.950	Error	2	Se deben colocar los culmos especificados en esta celda.
365	Beam_365	96.752	15	33.576	3.842	Error	2	Se deben colocar los culmos especificados en esta celda.
366	Beam_366	34.485	15	33.576	1.369	OK	1	
367	Beam_367	96.751	15	33.576	3.842	Error	2	Se deben colocar los culmos especificados en esta celda.
368	Beam_368	99.459	15	33.576	3.950	Error	2	Se deben colocar los culmos especificados en esta celda.
369	Beam_369	99.459	15	33.576	3.950	Error	2	Se deben colocar los culmos especificados en esta celda.
370	Beam_370	99.459	15	33.576	3.950	Error	2	Se deben colocar los culmos especificados en esta celda.
371	Beam_371	99.459	15	33.576	3.950	Error	2	Se deben colocar los culmos especificados en esta celda.
372	Beam_372	96.752	15	33.576	3.842	Error	2	Se deben colocar los culmos especificados en esta celda.
373	Beam_373	38.818	15	33.576	1.541	OK	1	
374	Beam_374	62.269	15	33.576	2.473	OK	1	
375	Beam_375	123.482	15	33.576	4.904	Error	2	Se deben colocar los culmos especificados en esta celda.
376	Beam_376	99.487	15	33.576	3.951	Error	2	Se deben colocar los culmos especificados en esta celda.
377	Beam_377	62.269	15	33.576	2.473	OK	1	
378	Beam_378	123.478	15	33.576	4.903	Error	2	Se deben colocar los culmos especificados en esta celda.
379	Beam_379	99.487	15	33.576	3.951	Error	2	Se deben colocar los culmos especificados en esta celda.

384	Beam_384	8.580	15	33.576	0.341	OK	1	
386	Beam_386	126.084	15	33.576	5.007	Error	2	Se deben colocar los culmos especificados en esta celda.
387	Beam_387	98.226	15	33.576	3.901	Error	2	Se deben colocar los culmos especificados en esta celda.
388	Beam_388	101.006	15	33.576	4.011	Error	2	Se deben colocar los culmos especificados en esta celda.
389	Beam_389	99.750	15	33.576	3.961	Error	2	Se deben colocar los culmos especificados en esta celda.
390	Beam_390	100.059	15	33.576	3.973	Error	2	Se deben colocar los culmos especificados en esta celda.
1380	Beam_1380	156.863	15	33.576	6.229	Error	2	Se deben colocar los culmos especificados en esta celda.
1381	Beam_1381	190.897	15	33.576	7.581	Error	3	Se deben colocar los culmos especificados en esta celda.
1382	Beam_1382	168.565	15	33.576	6.694	Error	2	Se deben colocar los culmos especificados en esta celda.
1389	Beam_1389	23.468	15	33.576	0.932	OK	1	
1392	Beam_1392	22.344	15	33.576	0.887	OK	1	
1394	Beam_1394	21.315	15	33.576	0.846	OK	1	
1395	Beam_1395	24.310	15	33.576	0.965	OK	1	
1406	Beam_1406	32.110	15	33.576	1.275	OK	1	
1407	Beam_1407	32.110	15	33.576	1.275	OK	1	
1423	Beam_1423	27.469	15	33.576	1.091	OK	1	
1467	Beam_1467	44.953	15	33.576	1.785	OK	1	
1468	Beam_1468	40.963	15	33.576	1.627	OK	1	
1469	Beam_1469	40.393	15	33.576	1.604	OK	1	
1470	Beam_1470	40.525	15	33.576	1.609	OK	1	
1471	Beam_1471	40.346	15	33.576	1.602	OK	1	
1472	Beam_1472	44.712	15	33.576	1.776	OK	1	

Tabla 45: Diseño de elementos Individuales para Corte Paralelo a la Fibra

CAPITULO XI

EVALUACIÓN COMPARATIVA ENTRE NORMATIVA NEC-SE-GUADÚA Y CÓDIGO COLOMBIANO TITULO G

9.1. INTRODUCCIÓN

Las distintas normativas presentadas para el correcto análisis y diseño de estructuras con caña guadúa presentan ciertas variaciones según el país en las que se apliquen, en el siguiente apartado se describirá una evaluación comparativa de los aspectos más relevantes entre la NEC-SE-GUADÚA y la NRS-10 TITULO G, cuyos países de aplicación son Ecuador y Colombia, respectivamente.

9.2. EVALUACIÓN COMPARATIVA

NEC – SE – Guadúa	NSR-10 Título G
<p>“Alcance:</p> <p>Esta norma puede ser utilizada para Guadúa Angustifolia Kunth y otras especies de bambúes que tengan comportamiento similar.</p> <p>El diseño estructural basado en esta norma puede ser aplicado en estructuras total o parcialmente construidas en GaK.</p> <p>Para viviendas de dos pisos, estructuras auxiliares que sirvan de soporte, donde las cargas vivas a las que se ven sometidas estas estructuras no superen los 2 kN/m².</p> <p>Se requiere diseño estructural:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Para estructuras que sobrepasen de 3 metros las luces libres entre culmos verticales. - Área de construcción superior a los 200 metros cuadrados. - Módulos de construcción de más de 15 unidades o 3000 metros cuadrados de construcción.” (NEC, 2015, NEC – SE – Guadúa, p. 14.) 	<p>“Alcance:</p> <p>Esta norma tiene como fin de aplicación a estructuras construidas en Guadúa Angustifolia Kunth únicamente.</p> <p>El diseño estructural basado en esta norma puede ser aplicado en estructuras total o parcialmente construidas en GaK.</p> <p>Para viviendas de dos pisos, evitando colocar cargas muertas muy elevadas en el piso superior. No utilizarla para el diseño de puentes o estructuras especiales.</p> <p>Se requiere diseño estructural:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cuando el área de construcción supere los 2000 metros cuadrados y además se sugiere una prueba de cargas antes de darle uso.” (NSR-10, 2010, Título G, p. 103.)
<p>“Material:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Guadúa seca: Con una humedad igual o menor a la del sitio de la construcción. - Deformación respecto al eje longitudinal: 0,33%. - Conicidad: El porcentaje de conicidad viene dado por la siguiente expresión. 	<p>“Material:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Guadúa seca: Con humedad igual o menor a la del sitio de la construcción. Dado el caso que se construyera con caña en un estado de humedad mayor, se deben tomar las medidas necesarias para que las dimensiones sean las requeridas por el diseño. - Deformación respecto al eje longitudinal: 0,33%. - Conicidad: No mayor al 1%.

Ecuación – Porcentaje de conicidad de un culmo de GaK.

$$\%con = \frac{(D_+ - D_-)}{L} * 100$$

Dónde:

$\%con$ Porcentaje de conicidad de la pieza

D_+ Diámetro mayor en mm

D_- Diámetro menor en mm

L Longitud de la pieza de GaK en mm

(NEC, 2015, NEC – SE – Guadúa, p.21.)

La siguiente tabla mostrará la conicidad máxima admisible según las partes del culmo de GaK.

Tabla – Conicidad máxima permitida en un culmo de GaK.

Parte de la Guadúa	Conicidad
Cepa	0.17 %
Basa	0.33 %
Sobrebasa	0.50 %

(NEC, 2015, NEC – SE – Guadúa, p.21.)

- **Agrietamiento:** No serán mayores al 20% del total de la longitud del culmo. Se recomienda utilizar zunchos para controlar estos agrietamientos.” (NEC, 2015, NEC – SE – Guadúa, p. 21-22.)

- **Agrietamiento:** No serán mayores al 20% del total de la longitud del culmo. Se recomienda colocar dichos elementos en las fibras extremas superiores o inferiores.” (NSR-10, 2010, Título G, p. 107.)

“Bases del diseño estructural:

La estructura deberá resistir las solicitaciones producidas por las siguientes combinaciones de cargas:

Tabla – Combinaciones de carga para el Diseño de estructuras de GaK.

“Bases del diseño estructural:

La estructura deberá resistir las solicitaciones producidas por las combinaciones estipuladas en el código NSR -10.

1	D
2	D + L
3	$D + 0.75 L + 0.525 E_x$
4	$D + 0.75 L - 0.525 E_x$
5	$D + 0.75 L + 0.525 E_y$
6	$D + 0.75 L - 0.525 E_y$
7	D + 0.7 E_x
8	D - 0.7 E_x
9	D + 0.7 E_y
10	D - 0.7 E_y
11	$D + 0.75 L + 0.525 E_{Qx}$
12	$D + 0.75 L - 0.525 E_{Qx}$
13	$D + 0.75 L + 0.525 E_{Qy}$
14	$D + 0.75 L - 0.525 E_{Qy}$
15	D + 0.7 E_{Qx}
16	D - 0.7 E_{Qx}
17	D + 0.7 E_{Qy}
18	D - 0.7 E_{Qy}

(NEC, 2015, NEC – SE – Guadúa, p.23.)

El sistema constructivo empleado debe ajustarse los sistemas constructivos estipulados en la NEC-SE-VIVIENDA, entre ellos se podría encontrar:

- Arriostramientos y pórticos, con coeficiente de reducción $R = 2$.
- Muros de GaK con mortero, con coeficiente de reducción de $R_o = 1,5$.
- Cubiertas livianas (Celosías).

Es necesario tener en cuenta las cargas a las que se someterá la estructura en fase constructiva y también es necesario contemplar en el diseño los daños que podría sufrir la estructura por los factores ambientales.

Los culmos utilizados para la estructura se asumirán homogéneos, más no lineales para calcular los esfuerzos producto de la carga a la que son sometidos. Se considerará una excentricidad de 1,298% de la dimensión longitudinal del culmo.” (NEC, 2015, NEC – SE – Guadúa, p.23-24.)

El sistema constructivo empleado en la estructura de GaK deberá estar sustentado en la NSR-10 y las estructuras especificadas en este código.

- Arriostramientos y pórticos, con coeficiente de reducción de $R = 2$.
- Muros de GaK con mortero, donde el valor de R_o será el determinado en el código NSR-10 para dicho sistema.

Es necesario tener en cuenta las cargas a las que se someterá la estructura en fase constructiva y también es necesario contemplar en el diseño los daños que podría sufrir la estructura por los factores ambientales.

Los culmos utilizados para la estructura se asumirán homogéneos y lineales para calcular los esfuerzos producto de la carga a la que son sometidos.” (NSR-10, 2010, Título G, p. 108.)

“Requisitos de calidad para las estructuras de GaK:

“Requisitos de calidad para las estructuras de GaK:

<p>Los requisitos son similares a los de la NSR-10-Título G.” (NEC, 2015, NEC – SE – Guadúa, p.24-25.)</p>	<p>Los requisitos son similares a los de la NEC-SE-Guadúa.” (NSR-10, 2010, Título G, p. 108-109.)</p>																												
<p>“Diseño de elemento sometidos a flexión:</p> <p>Ecuaciones, conceptos, parámetros y requisitos similares los de la NSR-10-Título G.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Área Neta: <p>Ecuación – Área neta de un culmo de GaK.</p> $A = \frac{\pi}{4} (D_e^2 - (D_e - 2t)^2)$ <p>Dónde:</p> <p>A Área neta de la sección transversal de la guadúa, mm²</p> <p>D_e Diámetro exterior de la guadúa, mm</p> <p>t Espesor de la pared de la guadúa, mm</p> <p>(NEC, 2015, NEC – SE – Guadúa, p.32.)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Deflexiones: <p>Las deflexiones admisibles son iguales en los dos códigos, no varían en ningún aspecto.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Efecto del cortante: <p>Tabla – Corrección por cortante.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>l/D_e</th><th>C_c</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5</td><td>0.70</td></tr> <tr> <td>7</td><td>0.75</td></tr> <tr> <td>9</td><td>0.81</td></tr> <tr> <td>11</td><td>0.86</td></tr> <tr> <td>13</td><td>0.91</td></tr> <tr> <td>15</td><td>0.93</td></tr> </tbody> </table> <p>(NEC, 2015, NEC – SE – Guadúa, p.34.)</p>	l/D _e	C _c	5	0.70	7	0.75	9	0.81	11	0.86	13	0.91	15	0.93	<p>“Diseño de elementos sometidos a flexión:</p> <p>Ecuaciones, conceptos, parámetros y requisitos similares los de la NSR-10-Título G.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Área Neta: <p>Ecuación – Área neta de un culmo de GaK.</p> $A = \frac{\pi}{4} (D_e^2 - (D_e - 2t)^2)$ <p>Donde:</p> <p>A = área neta de la sección transversal de guadúa, mm²</p> <p>D_e = diámetro exterior de la guadúa, mm</p> <p>t = espesor de la pared de la guadúa, mm</p> <p>(NSR-10, 2010, Título G, p. 113.)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Deflexiones: <p>Las deflexiones admisibles son iguales en los dos códigos, no varían en ningún aspecto.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Efecto del cortante: <p>Tabla – Corrección por cortante.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>l/D_e</th><th>C_c</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5</td><td>0.70</td></tr> <tr> <td>7</td><td>0.75</td></tr> <tr> <td>9</td><td>0.81</td></tr> <tr> <td>11</td><td>0.86</td></tr> <tr> <td>13</td><td>0.91</td></tr> <tr> <td>15</td><td>0.93</td></tr> </tbody> </table> <p>(NSR, 2010, Título G, p.115.)</p>	l/D _e	C _c	5	0.70	7	0.75	9	0.81	11	0.86	13	0.91	15	0.93
l/D _e	C _c																												
5	0.70																												
7	0.75																												
9	0.81																												
11	0.86																												
13	0.91																												
15	0.93																												
l/D _e	C _c																												
5	0.70																												
7	0.75																												
9	0.81																												
11	0.86																												
13	0.91																												
15	0.93																												

- **Cargas para el cálculo de sección y deflexiones:**

Las normativas utilizan las mismas cargas, para los mismos casos.

- **Estabilidad lateral en vigas compuestas:**

Proporciona recomendaciones para la estabilidad iguales a la NRS-10-Título G, según la relación d/b.

Tabla – Coeficientes para relaciones d/b.

d/b	C _L
1	1.00
2	0.98
3	0.95
4	0.91
5	0.87

(NEC, 2015, NEC – SE – Guadúa, p.35.)

- **Momento Resistente:**

Ecuación – Momento Resistente

$$f_b = \frac{M}{S} \leq F'_b$$

Dónde:

f_b Esfuerzo a flexión actuante, en MPa
 M Momento actuante sobre el elemento en N mm
 F'_b Esfuerzo admisible modificado, en MPa
 S Módulo de sección en mm³

(NEC, 2015, NEC – SE – Guadúa, p.36.)

- **Cargas para el cálculo de sección y deflexiones:**

Las normativas utilizan las mismas cargas, para los mismos casos.

- **Estabilidad lateral en vigas compuestas:**

Proporciona recomendaciones para la estabilidad iguales a la NEC-SE-Guadúa, según la relación d/b.

Tabla – Coeficientes para relaciones d/b.

d/b	C _L
1	1.00
2	0.98
3	0.95
4	0.91
5	0.87

(NSR, 2010, Título G, p.116.)

- **Momento Resistente:**

Ecuación – Momento Resistente

$$f_b = \frac{M}{S} \leq F'_b$$

En donde:

f_b = esfuerzo a flexión actuante, en MPa
 M = momento actuante sobre el elemento en N mm
 F'_b = esfuerzo admisible modificado, en MPa
 S = modulo de sección en mm³

(NSR, 2010, Título G, p.116.)

- **Módulo de Sección:**

Ecuación – Módulo de Sección

$$S = \frac{\pi(D_e^4 - [D_e - 2t]^4)}{32D_e}$$

Dónde:

S Módulo de sección en mm³

D_e Diámetro promedio exterior del culmo en mm

t Espesor promedio de la pared del culmo en mm

(NEC, 2015, NEC – SE – Guadúa, p.36.)

- **Esfuerzo cortante paralelo a las fibras:**

Ecuación – Esfuerzo cortante.

$$f_v = \frac{2V}{3A} \left(\frac{3D_e^2 - 6D_e t + 4t^2}{D_e^2 + 2D_e t + 2t^2} \right) \leq F'_v$$

- **Módulo de Sección:**

Ecuación – Módulo de Sección

$$S = \frac{\pi(D_e^4 - [D_e - 2t]^4)}{32D_e}$$

En donde:

S = modulo de sección en mm³

D_e = diámetro promedio exterior del culmo en mm

t = espesor promedio de la pared del culmo en mm

(NSR, 2010, Título G, p.117.)

Esta normativa además contempla módulos de sección para elementos conformados por dos o tres culmos y sus expresiones son las siguientes:

- Para dos culmos:

$$\frac{\pi(5D_e^4 - 4D_e^2[D_e - 2t]^2 - [D_e - 2t]^4)}{32D_e}$$

(NSR, 2010, Título G, p.117.)

- Para tres culmos:

$$\frac{\pi(35D_e^4 - 4D_e^2[D_e - 2t]^2 - [D_e - 2t]^4)}{96D_e}$$

(NSR, 2010, Título G, p.117.)

- **Esfuerzo cortante paralelo a las fibras:**

Ecuación – Esfuerzo cortante.

$$f_v = \frac{2V}{3A} \left(\frac{3D_e^2 - 4D_e t + 4t^2}{D_e^2 - 2D_e t + 2t^2} \right) \leq F'_v$$

<p>Dónde:</p> <p>f_v Esfuerzo cortante paralelo a las fibras actuante, en MPa</p> <p>A Área de la sección transversal del elemento de guadúa rolliza, en mm²</p> <p>D_e Diámetro externo promedio de la sección de guadúa rolliza, en mm</p> <p>t Espesor promedio de la sección de guadúa rolliza, en mm</p> <p>F'_v Esfuerzo admisible para corte paralelo a las fibras, modificado por los coeficientes que correspondan, en MPa</p> <p>v Fuerza cortante en la sección considerada, en N</p> <p>(NEC, 2015, NEC – SE – Guadúa, p.37.)</p> <p>- Conectores en vigas de sección compuesta:</p> <p><i>Espaciamiento máximo:</i> Determinado por el diseño estructural.</p> <p>Como recomendación, siempre que existan perforaciones se deberán rellenar las mismas con mortero, ubicando siempre el primer conector a una distancia de 50 mm de la cara del apoyo.</p>	<p>Dónde:</p> <p>f_v Esfuerzo cortante paralelo a las fibras actuante, en MPa</p> <p>A Área de la sección transversal del elemento de guadúa rolliza, en mm²</p> <p>D_e Diámetro externo promedio de la sección de guadúa rolliza, en mm</p> <p>t Espesor promedio de la sección de guadúa rolliza, en mm</p> <p>F'_v Esfuerzo admisible para corte paralelo a las fibras, modificado por los coeficientes que correspondan, en MPa</p> <p>v Fuerza cortante en la sección considerada, en N</p> <p>(NSR, 2010, Título G, p.118.)</p> <p>- Conectores en vigas de sección compuesta:</p> <p><i>Espaciamiento máximo:</i> Existen tres formas de determinar el espaciamiento entre conectores.</p> <p>3h (h es el alto de la viga compuesta).</p> <p>¼ de la luz libre entre columnas de apoyo.</p> <p>Según la ecuación:</p> <p>Ecuación – Espaciamiento entre conectores de vigas compuestas</p> $j = \frac{7 \cdot \ell}{V}$ <p>Donde:</p> <p>j = espaciamiento entre conectores de vigas compuestas en mm</p> <p>ℓ = luz de la viga en mm</p> <p>V = máximo cortante en la viga en kN</p> <p>(NSR, 2010, Título G, p.118.)</p> <p>Como recomendación, siempre que existan perforaciones se deberán rellenar las mismas con mortero, ubicando siempre el primer conector a una distancia de 50 mm de la cara del apoyo.</p>
---	---

<p>- Aplastamiento:</p> <p>Ecuación – Esfuerzo Admisible de Aplastamiento en un canuto.</p> $f_p = \frac{3RD_e}{2t^2L} \leq F_p$ <p>Dónde:</p> <p>F_p Esfuerzo admisible en compresión perpendicular a la fibra, modificado por los coeficientes que correspondan, en MPa</p> <p>f_p Esfuerzo actuante en compresión perpendicular a la fibra, en MPa</p> <p>D_e Diámetro externo promedio de la sección de GcK rolliza, en mm</p> <p>t Espesor promedio de la sección de GcK rolliza, en mm</p> <p>L Longitud de apoyo, en mm</p> <p>R Fuerza aplicada en el sentido perpendicular a las fibras, en N</p> <p>(NEC, 2015, NEC – SE – Guadúa, p.38.)</p> <p>Es recomendable rellenar los entre nodos sometidos a estas solicitaciones con mortero.” (NEC, 2015, NEC – SE – Guadúa, p.31-38.)</p>	<p>- Aplastamiento:</p> <p>Ecuación – Esfuerzo Admisible de Aplastamiento en un canuto.</p> $f_p = \frac{3RD_e}{2t^2L} \leq F'_p$ <p>Dónde:</p> <p>F'_p Esfuerzo admisible en compresión perpendicular a la fibra, modificado por los coeficientes que correspondan, en MPa</p> <p>f_p Esfuerzo actuante en compresión perpendicular a la fibra, en MPa</p> <p>D_e Diámetro externo promedio de la sección de GcK rolliza, en mm</p> <p>t Espesor promedio de la sección de GcK rolliza, en mm</p> <p>L Longitud de apoyo, en mm</p> <p>R Fuerza aplicada en el sentido perpendicular a las fibras, en N</p> <p>(NSR, 2010, Título G, p.119.)</p> <p>Es recomendable rellenar los entre nodos sometidos a estas solicitaciones con mortero.” (NSR-10, 2010, Título G, p. 113-119.)</p>
<p>“Diseño de elementos sometidos a fuerza axial:</p> <p>- Tensión Axial:</p> <p>Ecuación – Esfuerzo de Tensión</p> $f_t = \frac{T}{A_n} \leq F_t$ <p>Dónde:</p> <p>f_t Esfuerzo a tensión actuante, en MPa</p> <p>T Fuerza de tensión axial aplicada, en N</p> <p>F_t Esfuerzo de tensión admisible, modificado por los coeficientes a que haya lugar, en MPa</p> <p>A_n Área neta del elemento, en mm²</p> <p>(NEC, 2015, NEC – SE – Guadúa, p.39.)</p>	<p>“Diseño de elementos sometidos a fuerza axial:</p> <p>- Tensión Axial:</p> <p>Ecuación – Esfuerzo de Tensión</p> $f_t = \frac{T}{A_n} \leq F'_t$ <p>Dónde:</p> <p>f_t Esfuerzo a tensión actuante, en MPa</p> <p>T Fuerza de tensión axial aplicada, en N</p> <p>F'_t Esfuerzo de tensión admisible, modificado por los coeficientes a que haya lugar, en MPa</p> <p>A_n Área neta del elemento, en mm²</p> <p>(NSR, 2010, Título G, p.120.)</p>

- **Tensión perpendicular:** Se deben evitar los diseños que soliciten a los elementos a esta acción.

- **Compresión Axial:**

Longitud efectiva:

Ecuación – Longitud efectiva

$$l_e = l_u k$$

Donde:

- l_u = longitud no soportada lateralmente del elemento, en mm
 k = coeficiente de longitud efectiva, según las restricciones en los apoyos
 l_e = longitud efectiva, en mm

(NEC, 2015, NEC – SE – Guadúa, p.39.)

Coeficiente k:

Apoyos articulados: $k = 1$.

Un extremo con restricción a la rotación y desplazamiento y otro libre: $k = 2.1$.

Para otros casos de apoyos el coeficiente k puede ser tomado de la tabla 17 de la NEC-SE-Guadúa. Además el uso de estos coeficientes debe estar debidamente justificado.

Esbeltez:

Ecuación - Esbeltez

$$\lambda = \frac{l_e}{r}$$

(NEC, 2015, NEC – SE – Guadúa, p.40.)

Dónde:

- λ Relación esbeltez del elemento
 l_e Longitud efectiva del elemento, en mm
 r Radio de giro de la sección, en mm

- **Tensión perpendicular:** Se deben evitar los diseños que soliciten a los elementos a esta acción.

- **Compresión Axial:**

Longitud efectiva:

Ecuación – Longitud efectiva

$$l_e = l_u k$$

Donde:

- l_u = longitud no soportada lateralmente del elemento, en mm
 k = coeficiente de longitud efectiva, según las restricciones en los apoyos
 l_e = longitud efectiva, en mm

(NSR, 2010, Título G, p.120.)

Coeficiente K:

Apoyos articulados: $k = 1$.

Un extremo con restricción a la rotación y desplazamiento y otro libre: $k = 2.1$.

No se mencionan otros coeficientes de referencia en esta normativa. Además el uso de estos coeficientes debe estar debidamente justificado.

Esbeltez:

Ecuación – Esbeltez

$$\lambda = \frac{l_e}{r}$$

(NSR, 2010, Título G, p.120.)

Dónde:

- λ Relación esbeltez del elemento
 l_e Longitud efectiva del elemento, en mm
 r Radio de giro de la sección, en mm

Radio de giro de 1 culmo:

Ecuación – Radio de Giro con 1 culmo

$$r = \frac{\sqrt{(D_g^2 + (D_g - 2t)^2)}}{4}$$

Dónde:

D_g Diámetro externo promedio de la sección de GaK rolliza, en mm
 t Espesor promedio de la sección de GaK rolliza, en mm
 r Radio de giro de la sección

(NEC, 2015, NEC – SE – Guadúa, p.41.)

Radio de giro para varios culmos:

Ecuación – Radio de giro de varios culmos

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

Dónde:

I Inercia de la sección
 A Área neta de la sección transversal de guadúa
 r Radio de giro de la sección

(NEC, 2015, NEC – SE – Guadúa, p.41.)

Clasificación de columnas por esbeltez:

Tabla – Clasificación de columnas por esbeltez

Columna	Esbeltez
Corta	$\lambda < 30$
Intermedia	$30 < \lambda < C_k$
Larga	$C_k < \lambda < 150$

(NEC, 2015, NEC – SE – Guadúa, p.42.)

Radio de giro de 1 culmo:

Ecuación – Radio de Giro con 1 culmo

$$r = \frac{\sqrt{(D_g^2 + (D_g - 2t)^2)}}{4}$$

Dónde:

D_g Diámetro externo promedio de la sección de GaK rolliza, en mm
 t Espesor promedio de la sección de GaK rolliza, en mm
 r Radio de giro de la sección

(NSR, 2010, Título G, p.121.)

Radio de giro para varios culmos:

Ecuación – Radio de giro de varios culmos

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

Dónde:

I Inercia de la sección
 A Área neta de la sección transversal de guadúa
 r Radio de giro de la sección

(NSR, 2010, Título G, p.121.)

Clasificación de columnas por esbeltez:

Tabla – Clasificación de columnas por esbeltez

Columna	Esbeltez
Corta	$\lambda < 30$
Intermedia	$30 < \lambda < C_k$
Larga	$C_k < \lambda < 150$

(NSR, 2010, Título G, p.122.)

Ecuación – Esbeltez C_k

$$C_k = 2.565 \sqrt{\frac{E_{0.05}}{F'_c}}$$

Dónde:

F'_c Esfuerzo admisible en compresión paralela a las fibras, MPa

$E_{0.05}$ Módulo de elasticidad percentil 5, en MPa

(NEC, 2015, NEC – SE – Guadúa, p.42.)

Esfuerzos máximos. -

Columna corta:

Ecuación – Esfuerzo máximo de compresión en columnas cortas.

$$f_c = \frac{N}{A_n} \leq F'_c$$

Donde

f_c = esfuerzo de compresión paralela a la fibra actuante, en MPa

N = fuerza de compresión paralela a la fibra actuante, en N

A_n = área neta de la sección transversal, en mm^2

F'_c = esfuerzo de compresión paralela al fibra admisible, modificado

(NEC, 2015, NEC – SE – Guadúa, p.42.)

Columna intermedia:

Ecuación – Esfuerzo máximo de compresión en columnas intermedias.

$$f_c = \frac{N}{A_n \left(1 - \frac{2}{5} \left[\frac{\lambda}{C_k} \right]^3 \right)} \leq F'_c$$

(NEC, 2015, NEC – SE – Guadúa, p.43.)

Dónde:

f_c Esfuerzo de compresión paralelo a la fibra actuante, en MPa

N Fuerza de compresión paralela a la fibra actuante, en N

A_n Área neta de la sección transversal, en mm^2

F'_c Esfuerzo de compresión paralela al fibra admisible, modificado

Ecuación – Esbeltez C_k

$$C_k = 2.565 \sqrt{\frac{E_{0.05}}{F'_c}}$$

Dónde:

F'_c Esfuerzo admisible en compresión paralela a las fibras, MPa

$E_{0.05}$ Módulo de elasticidad percentil 5, en MPa

(NSR, 2010, Título G, p.122.)

Esfuerzos máximos. -

Columna corta:

Ecuación – Esfuerzo máximo de compresión en columnas cortas

$$f_c = \frac{N}{A_n} \leq F'_c$$

Donde

f_c = esfuerzo de compresión paralela a la fibra actuante, en MPa

N = fuerza de compresión paralela a la fibra actuante, en N

A_n = área neta de la sección transversal, en mm^2

F'_c = esfuerzo de compresión paralela al fibra admisible, modificado

(NSR, 2010, Título G, p.122.)

Columna intermedia:

Ecuación – Esfuerzo máximo de compresión en columnas intermedias.

$$f_c = \frac{N}{A_n \left(1 - \frac{2}{5} \left[\frac{\lambda}{C_k} \right]^3 \right)} \leq F'_c$$

(NSR, 2010, Título G, p.122.)

Dónde:

f_c Esfuerzo de compresión paralelo a la fibra actuante, en MPa

N Fuerza de compresión paralela a la fibra actuante, en N

A_n Área neta de la sección transversal, en mm^2

F'_c Esfuerzo de compresión paralela al fibra admisible, modificado

<p>Columna larga:</p> <p>Ecuación – Esfuerzo máximo de compresión en columnas largas.</p> $f_c = 3.3 \frac{E_{0.05}}{\lambda^2} \leq F'_c$ <p>Dónde:</p> <p>f_c Esfuerzo de compresión paralela a la fibra actuante, en MPa</p> <p>F'_c Esfuerzo de compresión paralela a la fibra admisible, modificado.</p> <p>(NEC, 2015, NEC – SE – Guadúa, p.43.)</p> <p>Si es que además de ser sometidos a fueras axiles también tienden a tener flexión, deberán ser diseñados como continúa.” (NEC, 2015, NEC – SE – Guadúa, p.39-43.)</p>	<p>Columna larga:</p> <p>Ecuación – Esfuerzo máximo de compresión en columnas largas.</p> $f_c = 3.3 \frac{E_{0.05}}{\lambda^2} \leq F'_c$ <p>Dónde:</p> <p>f_c Esfuerzo de compresión paralela a la fibra actuante, en MPa</p> <p>F'_c Esfuerzo de compresión paralela a la fibra admisible, modificado.</p> <p>(NSR, 2010, Título G, p.123.)</p> <p>Si es que además de ser sometidos a fueras axiles también tienden a tener flexión, deberán ser diseñados como continúa.” (NSR, 2010, Título G, p.120-123.)</p>
<p>“Diseño de elementos solicitados a flexión y carga axial:</p> <p>- Flexión y tensión axial:</p> <p>Ecuación – Elementos sometidos a tensión axila y flexión</p> $\frac{f_t}{F'_t} + \frac{f_b}{F'_b} \leq 1.0$ <p>Dónde: Los miembros de la ecuación son los valores mostrados a los largo de esta comparación.</p> <p>(NEC, 2015, NEC – SE – Guadúa, p.44.)</p> <p>- Flexo-compresión:</p> <p>Ecuación – Elementos sometidos a flexo-compresión</p> $\frac{f_c}{F'_c} + \frac{k_m f_b}{F'_b} \leq 1.0$ <p>Dónde: Los miembros de la ecuación son los valores mostrados a los largo de esta comparación.</p> <p>km: coeficiente para magnificar momentos.” (NEC, 2015, NEC – SE – Guadúa, p.44.)</p>	<p>“Diseño de elementos solicitados a flexión y carga axial:</p> <p>- Flexión y tensión axial:</p> <p>Ecuación – Elementos sometidos a tensión axila y flexión</p> $\frac{f_t}{F'_t} + \frac{f_b}{F'_b} \leq 1.0$ <p>Dónde: Los miembros de la ecuación son los valores mostrados a los largo de esta comparación.</p> <p>(NSR, 2010, Título G, p.123.)</p> <p>- Flexo-compresión:</p> <p>Ecuación – Elementos sometidos a flexo-compresión</p> $\frac{f_c}{F'_c} + \frac{k_m f_b}{F'_b} \leq 1.0$ <p>Dónde: Los miembros de la ecuación son los valores mostrados a los largo de esta comparación.</p> <p>km: coeficiente para magnificar momentos.” (NSR, 2010, Título G, p.123.)</p>

<p>Ecuación – Coeficiente de magnificación de momentos</p> $K_m = \frac{1}{1-1.5(N_a/N_{er})}$ <p>Dónde:</p> <p>N_a Carga de compresión actuante, en N</p> <p>N_{er} Carga crítica de Euler, calculada con la Ecuación (NEC, 2015, NEC – SE – Guadúa, p.44.)</p> <p>Ecuación – Carga crítica de Euler</p> $N_{er} = \frac{\pi^2 E_{0.05} I}{l_e^2}$ <p>Dónde:</p> <p>N_{er} Carga crítica de Euler, en N</p> <p>$E_{0.05}$ Módulo de elasticidad del percentil 5, en MPa</p> <p>I Momento de inercia de la sección, en mm^4</p> <p>l_e Longitud efectiva del elemento, en mm (NEC, 2015, NEC – SE – Guadúa, p.44.)</p>	<p>Ecuación – Coeficiente de magnificación de momentos</p> $K_m = \frac{1}{1-1.5(N_a/N_{er})}$ <p>Dónde:</p> <p>N_a Carga de compresión actuante, en N</p> <p>N_{er} Carga crítica de Euler, calculada con la Ecuación (NSR, 2010, Título G, p.123.)</p> <p>Ecuación – Carga crítica de Euler</p> $N_{er} = \frac{\pi^2 E_{0.05} I}{l_e^2}$ <p>Dónde:</p> <p>N_{er} Carga crítica de Euler, en N</p> <p>$E_{0.05}$ Módulo de elasticidad del percentil 5, en MPa</p> <p>I Momento de inercia de la sección, en mm^4</p> <p>l_e Longitud efectiva del elemento, en mm (NSR, 2010, Título G, p.123.)</p>
<p>“Uniones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cortes para uniones: <p>Se admiten cortes tipo: recto, boca de pez y pico de flauta.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Uniones empernadas: 	<p>“Uniones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cortes para uniones: <p>Se admiten cortes tipo: recto, boca de pez y pico de flauta.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Uniones empernadas:

Pernos:

- Acero estructural, $f_y = 240$ MPa.
- d. mín. = 9,5 mm.
- Espesor pletina = 5mm.
- Diseñados según normativa de acero.

Perforaciones:

- Si el entrenudo se encuentra con mortero el d. máx. = 26mm.

Zunchos:

Permitido su uso siempre y cuando se garantice su funcionamiento.

Arandelas:

No existen estándares en esta normativa referente a las arandelas a utilizar, sin embargo consta su uso en la construcción.

- **Uniones Longitudinales:**

Se usan cuando se requiere aumentar la longitud de un elemento estructural de caña guadúa, y se da de tres formas.

1. Unión con pieza de madera.

Pernos:

- Acero estructural, $f_y = 240$ MPa.
- d. mín. = 9,5 mm.
- Espesor pletina = 5mm.
- Diseñados según normativa de acero "Título F".

Perforaciones:

- Un diámetro mayor al de perno en 1,5 mm.
- Si el entrenudo se encuentra con mortero el d. máx. = 26mm.

Zunchos:

Permitido su uso siempre y cuando se garantice su funcionamiento.

Arandelas:

Deben colocarse arandelas entre los elementos de acero y caña guadúa, con las dimensiones de la siguiente tabla.

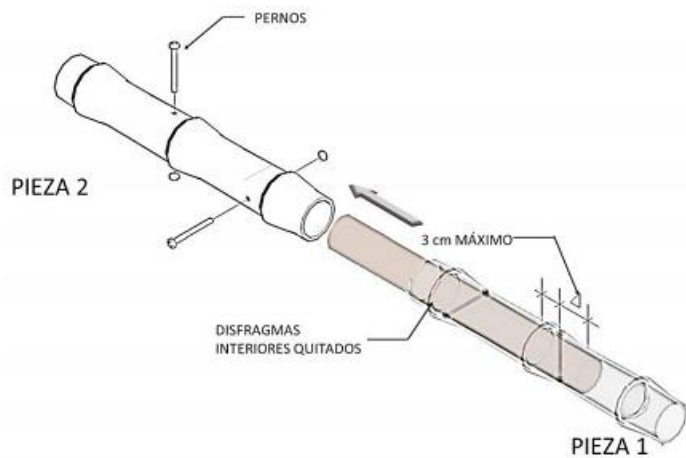
Tabla – Dimensiones mínimas de arandelas.

Diámetro del perno (mm)	9.5	12.7	15.9
Espesor de la arandela (mm)	4	5	6
Diámetro externo arandelas (mm)	45	50	65

(NSR, 2010, Título G, p.126.)

- **Uniones Longitudinales:**

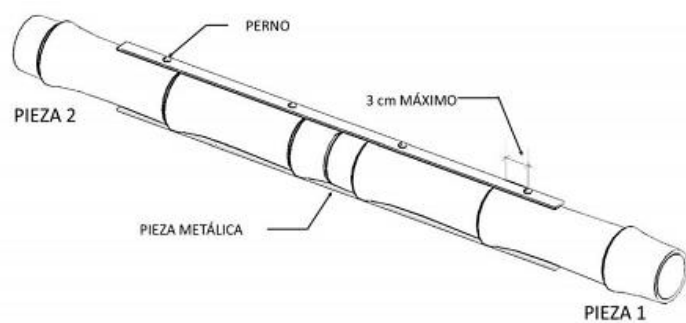
No existen recomendaciones para este tema en la normativa. Sin embargo estas uniones están contempladas en la construcción de estructuras.



Fuente: NEC, 2015, NEC – SE – Guadúa, p.58.

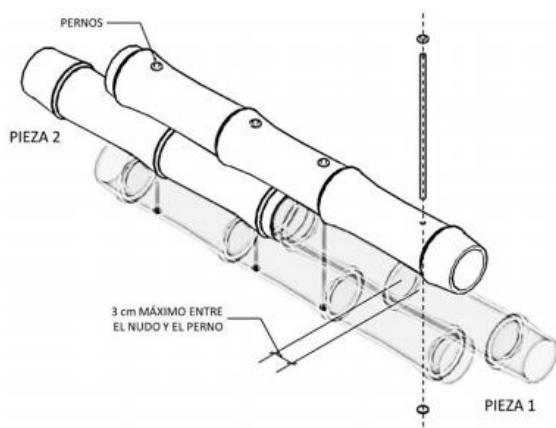
2. Unión con piezas metálicas.

Fig. – Unión con piezas metálicas.



Fuente: NEC, 2015, NEC – SE – Guadúa, p.58.

3. Unión con dos culmos.

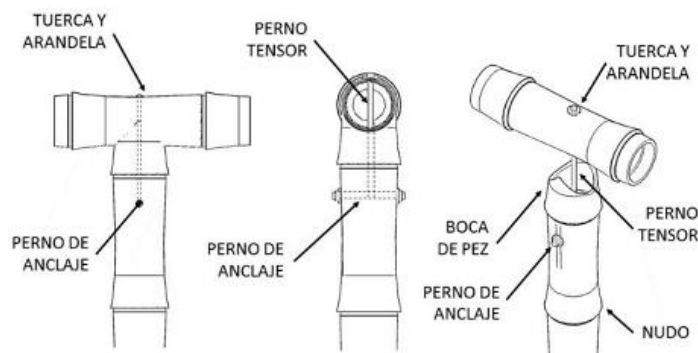


Fuente: NEC, 2015, NEC – SE – Guadúa, p.59.

- **Uniones perpendiculares:**

Este tipo de uniones sirven para unir dos elementos dispuestos de forma ortogonal.

Fig. – Unión perpendicular.

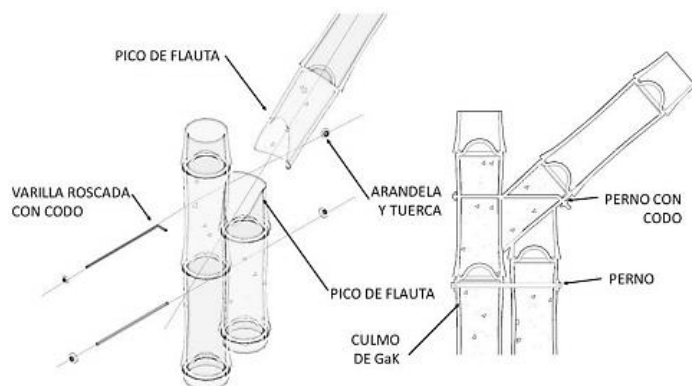


Fuente: NEC, 2015, NEC – SE – Guadúa, p.61.

- **Uniones diagonales:**

Estas uniones son usadas para juntar dos o más elementos que no se encuentre paralelos, ni en sentido perpendicular.

Fig. – Unión diagonal.



Fuente: NEC, 2015, NEC – SE – Guadúa, p.62.

- **Uniones Perpendiculares:**

No existen recomendaciones para este tema en la normativa. Sin embargo estas uniones están contempladas en la construcción de estructuras.

- **Uniones diagonales:**

No existen recomendaciones para este tema en la normativa. Sin embargo estas uniones están contempladas en la construcción de estructuras.

- **Resistencia de uniones empernadas:**

No existen recomendaciones para este tema en la normativa." (NEC, 2015, NEC – SE – Guadúa, p.55-63.)

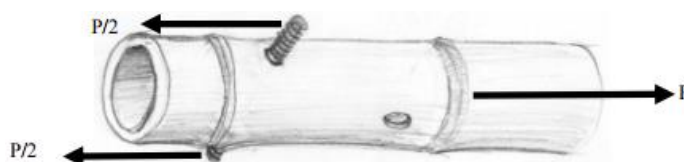
- **Resistencia de uniones empernadas:**

Se determinará la resistencia a corte doble según los valores de P, Q y T, que están determinados por el diámetro del culmo y del perno.

Cargas.-

Carga P: Fuerza paralela a las fibras del elemento interior y los elementos exteriores.

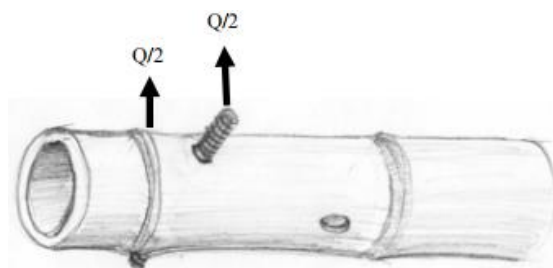
Fig. – Carga P en unión empernada.



Fuente: NSR, 2010, Título G, p.126.

Carga Q: Fuerza paralela a las fibras del elemento interior y perpendicular a los elementos exteriores.

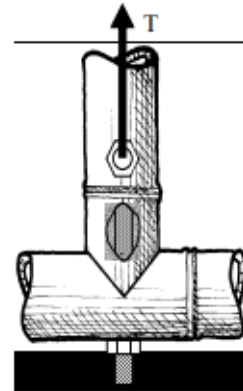
Fig. - Carga Q en unión empernada.



Fuente: NSR, 2010, Título G, p.127.

Carga T: Fuerza perpendicular a las fibras de los elementos y paralela a los otros.

Fig. - Carga T en unión empernada.



Fuente: NSR, 2010, Título G, p.127.

Cargas no ortogonales: Cuando la fuerza forma un ángulo no ortogonal con las fibras de cualquiera de los elementos, se puede utilizar la siguiente ecuación.

Ecuación – Cargas no ortogonales

$$N = \frac{PQ}{P \sin^2 \alpha + Q \cos^2 \alpha}$$

Dónde:

α : Ángulo no ortogonal entre fuerza y fibra del elemento.
(NSR, 2010, Título G, p.128.)

Además, la normativa indica los valores de cargas admisibles para este tipo de uniones, según el tipo de perno y diámetro del culmo en la tabla G. 12. 11-2.

También muestra el procedimiento a seguir cuando exista más de un perno en la unión. Complementariamente detalla los coeficientes de amplificación o de reducción a utilizar en las cargas admisibles según sea el caso particular.

Finalmente limita los espaciamientos requeridos para los pernos y enfatiza en que cualquier otro tipo de conexión no detallada en la norma deberá ser sustentada tanto en el diseño como en laboratorio.” (NSR, 2010, Título G, p.124-129.)

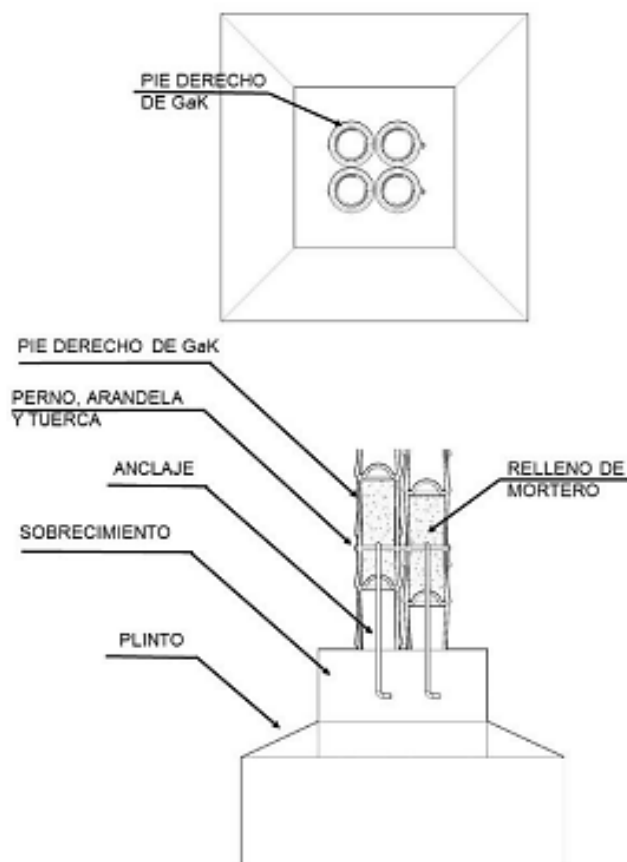
“Detalles constructivos:

- Cimentación

Las bases de la estructura deberán seguir las siguientes recomendaciones especificadas en esta normativa:

- No colocar los culmos directamente sobre el suelo, se requiere un zócalo o pedestal para colocar dichos elementos.
- No embeber los culmos en el hormigón.
- Proporcionar de sub-drenes a la estructura para eliminar la humedad por capilaridad.
- Para eliminar la contaminación por agente bióticos colocar una cubierta de plástico o hierro en la cabeza del pedestal es una buena opción.
- El sobre-cimiento tendrá una altura mínima de 20 cm sobre el nivel de terreno natural.

Fig. – Cimiento y sobre-cimiento.



Fuente: NEC, 2015, NEC – SE – Guadúa, p.51.

“Detalles constructivos:

- Cimentación

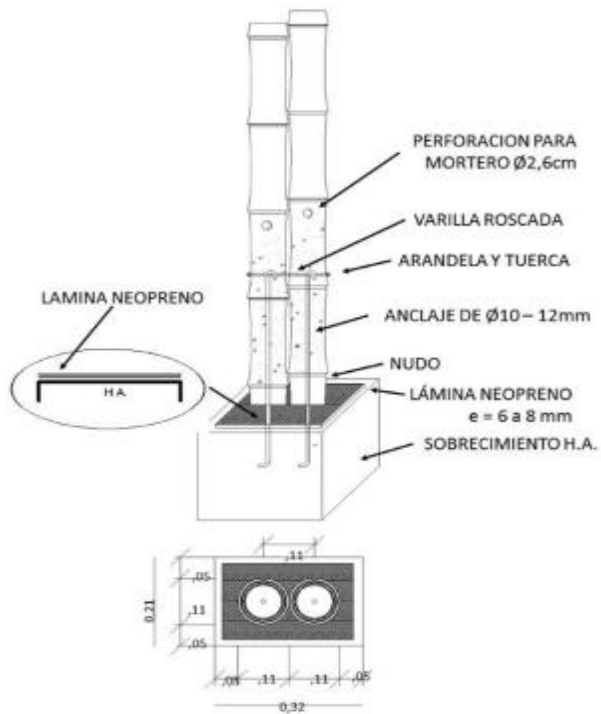
No existen recomendaciones detalladas para este tema en la normativa.

Anclajes de la cimentación a los culmos:

La normativa explica de manera detallada la forma de anclar la estructura a la cimentación, este procedimiento se lo puede realizar de dos formas.

1. Anclaje con varillas de acero:

Fig. – Detalle de unión con varillas de acero entre el sobre-cimiento y la estructura.



Fuente: NEC, 2015, NEC – SE – Guadúa, p.52.

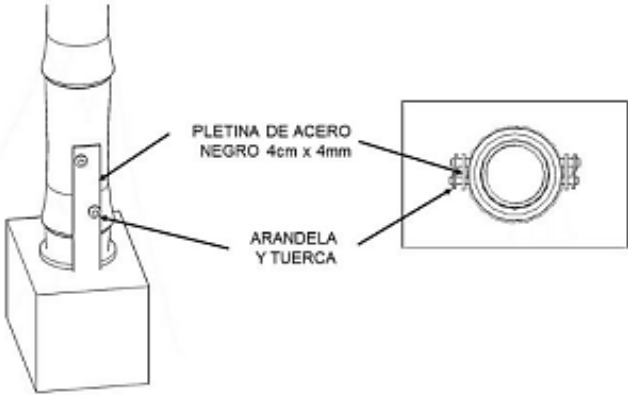
<p>2. Anclaje con pletinas de acero:</p> <p>Fig. – Detalle de unión con pletinas entre el sobre-cimiento y la estructura.</p>  <p>Fuente: NEC, 2015, NEC – SE – Guadúa, p.54.</p> <p>- Columnas y vigas</p> <p>La normativa proporciona recomendaciones generales para la construcción de grupos de GaK que conformen columnas y vigas.</p> <p>Respecto a las columnas la normativa trata de evitar el pandeo lateral. En cuanto a las vigas trata de evitar las deflexiones exageradas y el aplastamiento local. En general en estos apartados se trata de asegurar el trabajo en conjunto del grupo de culmos.</p> <p>- Otros detalles constructivos:</p> <p>La NEC-SE-Guadúa provee detalles acerca de la correcta construcción de otros elementos como lo son las cubiertas, entrepisos, recubrimientos y muros. Especialmente en el apartado de muros dedica un espacio importante para la explicación de su correcta construcción.</p> <p>- Mantenimiento:</p> <p>Provee recomendaciones mínimas para el mantenimiento de la estructura de GaK.” (NEC, 2015, NEC – SE – Guadúa, p.64-79.)</p>	<p>- Columnas y vigas</p> <p>No contiene un apartado que hable específicamente de estos elementos.</p> <p>- Otros detalles constructivos:</p> <p>Esta normativa no explica de manera muy detallada la construcción de otros elementos constructivos. Incluso en cuanto a los muros respecto no los menciona sino en escasas ocasiones.</p> <p>- Mantenimiento:</p> <p>Provee recomendaciones mínimas para el mantenimiento de la estructura de caña guadúa.” (NSR, 2010, Título G, p.129-133.)</p>
---	---

Tabla 46: Evaluación Comparativa entre NEC-SE- GUADÚA y CÓDIGO COLOMBIANO DE LA CONSTRUCCIÓN, TITULO G

CAPITULO XII

CONCLUSIONES

- Luego del sismo de abril del 2016 se realizaron evaluaciones a casas que fueron construidas en caña guadúa con un buen diseño. En estas viviendas se comprobó la efectividad del material contra los sismos, que combinadas con las buenas referencias de los usuarios quienes habitan las construcciones de GaK (que ahora incluso las prefieren por encima de la mampostería confinada), pueden hacer cambiar la idea de que es una madera para los pobres.
- Se comprobó que los resultados experimentales obtenidos mediante la elaboración de ensayos de laboratorio basados en la MTE INEN 2, para la determinación de las propiedades físico mecánicas de la caña guadúa, cumplen con los requisitos impuestos por la normativa NEC–SE–GUADÚA y el CÓDIGO COLOMBIANO DE LA CONSTRUCCIÓN, TITULO G, de manera que el uso de caña guadúa como material estructural es aceptable.
- Las evaluaciones tanto experimentales como estructurales, arrojaron resultados acerca de las debilidades de la GaK, donde los más comunes son la durabilidad, mantenimiento y grandes pesos en los entresijos y techos, dichas debilidades pueden ser superadas con uso de las recomendaciones que brinda la normativa vigente en el país, por lo que es factible mejorar las

técnicas constructivas antiguas y así generar un diseño técnico superior de la caña guadúa.

- Luego de los ensayos que permiten determinar las propiedades físicas de la caña guadúa como material estructural y de haber utilizado dichos valores para la modelación de una vivienda de 2 pisos, mediante el uso del programa computacional ROBOT, se comprobó que el material tiene mejor comportamiento para soportar cargas fuera de plano producidas por los terremotos, debido a que el espaciamiento entre culmos puede variar de menor a mayor.
- Producto de estos ensayos realizados en caña, se descubrió que algunos de los elementos usados en estas estructuras podrían ser optimizados si es que se desea. Un ejemplo de esto es la posibilidad de reducir la relación cemento: arena usada en el mortero, esta optimización se puede realizar siempre y solo si se usa una malla de gallinero que ayude con las prestaciones ante un sismo y así abaratar los costos generales de la vivienda.
- Es recomendable que se utilicen estructuras con conexiones compuestas por pernos y mortero, que además sean complementadas con clavos. Los clavos aumentarán la ductilidad de las conexiones que generalmente se comportan de forma frágil. Con esta medida se aumenta la resistencia y redundancia en toda la estructura
- Luego de correr el programa se observó que la estructura en general se comportaba de forma adecuada con desplazamientos máximos de hasta 2,54 cm que cumple con lo especificado en las normas de diseño sismo-

resistente y que además evita que la guadua fleje demasiado por sus propiedades intrínsecas. Sin embargo, pese al buen comportamiento global de la estructura se pudo determinar que ciertos elementos se encontraban sometidos a grandes esfuerzos, motivo por el cual se decidió realizar un análisis de los elementos individualmente sustentado en las normas que se han descrito en esta tesis, para lo cual se tomó como base las fuerzas determinada por el programa y a través de una hoja programable de Excel compararlas con la utilidad que se estipulaba en las normas. Los esfuerzos tomados en cuenta para esta comparación son los combinados tanto de flexo-compresión como los de tensión-compresión y además se tomó en cuenta los esfuerzos de corte a los que se encontraba solicitada la estructura.

- La caña guadúa es un material de construcción, que con un diseño previo puede actuar de manera sísmo resistente, no se debe atribuir propiedades intrínsecas al material, por ello es necesario realizar un diseño previo, tomando en cuenta todas las variables físico-mecánicas del material como tal, el mismo que se encuentra lejos de ser un material que por si solo se comporte de manera adecuada ante un sismo y mucho menos ser considerado como acero vegetal.
- Tras la modelación estructural de una vivienda con caña guadúa, se concluye que es necesario realizar análisis sísmico con herramientas computacionales creadas para este fin, evitando la mal interpretación de líneas de carga, sin embargo, se puede utilizar como herramienta base para la determinación de

esfuerzos, fuerzas y deformaciones a los que se encuentran sometidos los elementos y así de esta manera proceder al diseño individual de elementos.

- En este caso particular de diseño se observó que los mayores esfuerzos a los que estaban sometidos los elementos fueron a flexo-tensión, flexión y corte, siendo este último el que más problemas generó en los elementos, originando mayores esfuerzos a los admisibles y como consecuencia generar un rediseño de la estructura. Es importante recalcar que la estructura no se encuentra sometida a esfuerzos perpendiculares a la fibra tanto en tensión como en compresión, tal y como se encuentra especificado en la normativa ecuatoriana de la construcción.
- La estructura tanto global como localmente no generó deformaciones mayores a los 2.5 cm, es importante cuidar las deformaciones excesivas cuando se construye con este material, al tener un módulo de elasticidad alto tiende a deformarse exageradamente, haciendo que los elementos que podrían encontrarse dentro de la vivienda golpeen a los individuos que la habitan. Es indispensable tener en cuenta este punto ya que la guadua falla de forma frágil en todos los casos, este tipo de falla no se apega a la filosofía de diseño sismo resistente, por lo que una deriva excesiva o deformaciones además de causar todo lo antes mencionado, también podría generar una falla abrupta de la estructura sin dar posibilidad de los usuarios a salir de la estructura.
- Las conexiones en caña guadua aún son materia de estudio, existen escasos estudios de este tema principalmente por falta de interés de los ingenieros

que se desenvuelven en este campo ya que lo consideran como un material poco práctico para construir. Por lo tanto, es necesario que previo a un diseño estructural, se realice en general ensayos de laboratorio de una muestra representativa del material que se usará en la construcción, así como también se deberá realizar ensayos de las conexiones que se utilizarán y así determinar el comportamiento aparente que tendrán.

- Una vivienda de caña guadua puede ser sismo-resistente siempre y cuando se apegue a los parámetros de diseño estipulados en esta investigación, las malas prácticas constructivas y los ahorros innecesarios son unas de las principales causas para que estas estructuras que necesitan mucha pericia técnica fallen durante un sismo.
- Se recomienda utilizar elementos de arriostramiento cuando se utilicen sistemas constructivos de pórticos, como se explicó a lo largo de esta investigación las deformaciones deben ser controladas rigurosamente. En estructuras que utilizan muros portantes este problema no es de importancia, por lo que sería muy buen combinar los dos métodos, donde los sistemas de pórticos recojan los esfuerzos verticales generados por cualquier situación, mientras que los muros recogerían los esfuerzos laterales ocasionados por circunstancias de cualquier índole.
- Además de proporcionar de un importante arriostramiento a la estructura es necesario que los muros estén contruidos con clavos y mallas de gallinero esto mejor el comportamiento a someterse a las cargas durante un sismo.

Los clavos y la malla de gallinero dotan de mayor ductilidad a la estructura y aumentan la redundancia y evitan de esta forma las fallas abruptas.

- Es recomendable que las conexiones empleen acero dúctil, en lugar de acero frágil. Esto se lograría reemplazando los tornillos prefabricados por varillas corrugadas $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$, este podría hacer más dificultosa la construcción de la estructura, pero es una medida que asegura en demasía el comportamiento dúctil de la vivienda. Una buena práctica y recomendable es rellenar los canutos de las conexiones con mortero en una combinación, esto aumenta su capacidad de transmitir los esfuerzos a las cimentaciones de una manera correcta, varios estudios de los que se consultaron para la realización de esta tesis, demostraron que las conexiones sin relleno de mortero tienen un comportamiento deficiente en un sismo.
- La acción conjunta de elementos de guadua es difícil de conseguir, esto debido a su heterogeneidad y superficie irregular. Es recomendable que se eviten utilizar elementos que funcionen conjuntamente sobre todo cuando son elementos dispuestos horizontalmente, las columnas pueden trabajar de forma satisfactoria, pero tanto vigas como diagonales no consiguen este propósito de forma aceptable. Así pues para asegurar el correcto trabajo en conjunto de los elementos se debe evitar el uso de zunchos o trabes de guadua o sogas, estos tienen a soltarse gradualmente conforme pasa el tiempo o a deteriorarse, entonces se deberá usar obligatoriamente zunchos metálicos, tornillos o varillas de acero según sea el caso.

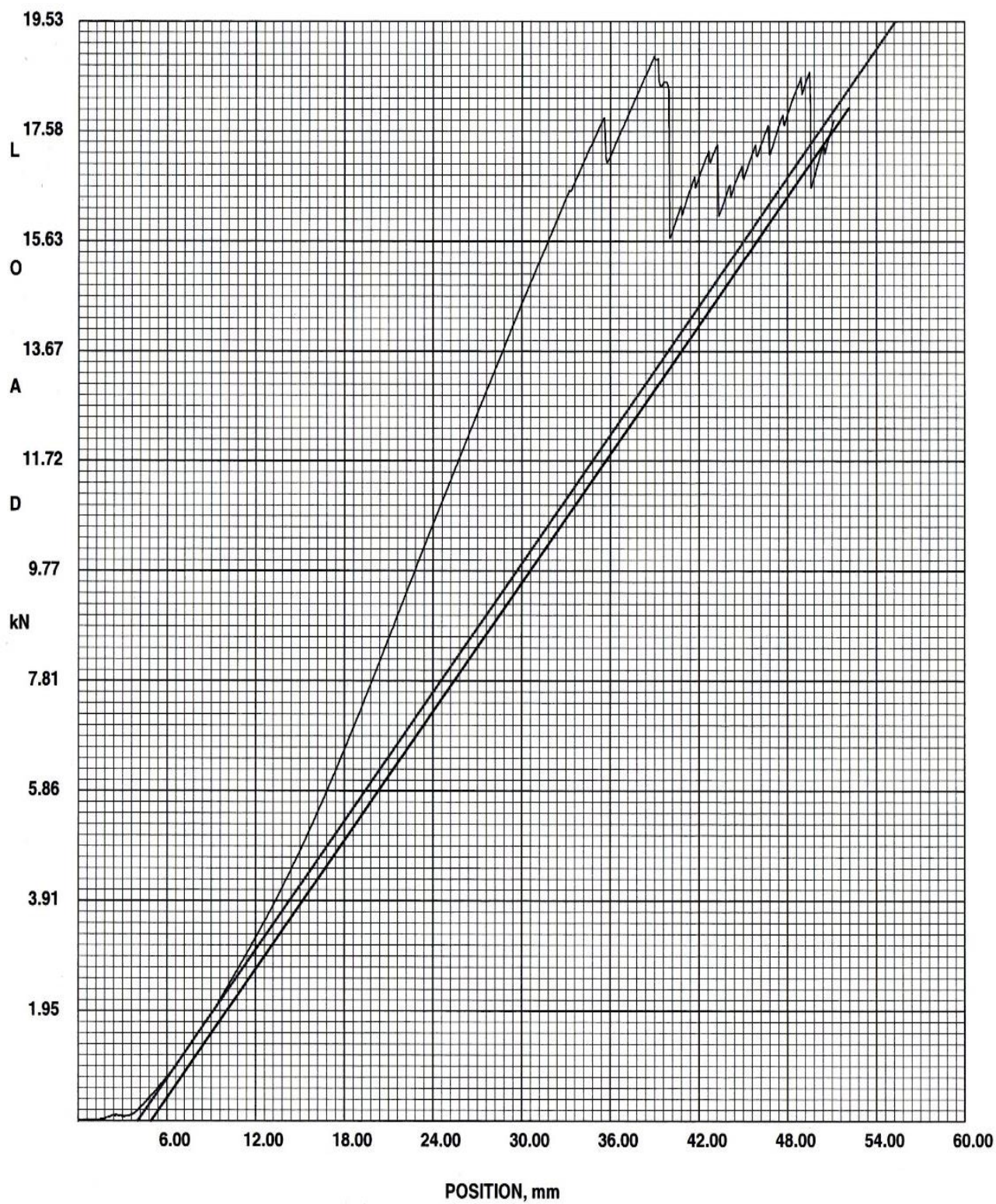
- Un importante procedimiento en la construcción, es el de proporcionar volados generosos para cubrir de la intemperización a los elementos estructurales y además recubrirlos con mortero a manera de enlucido, lo cual evita que la húmedas y los agentes externos dañen la estructura. Salvo los elementos arquitectónicos, todos deben estar recubiertos por una capa exterior como interior de mortero, en algunos casos la capa interior no puede ser colocada, pero es recomendable usarla siempre en baños, como en cocinas donde la humedad y temperatura alta son frecuentes.

BIBLIOGRAFÍA

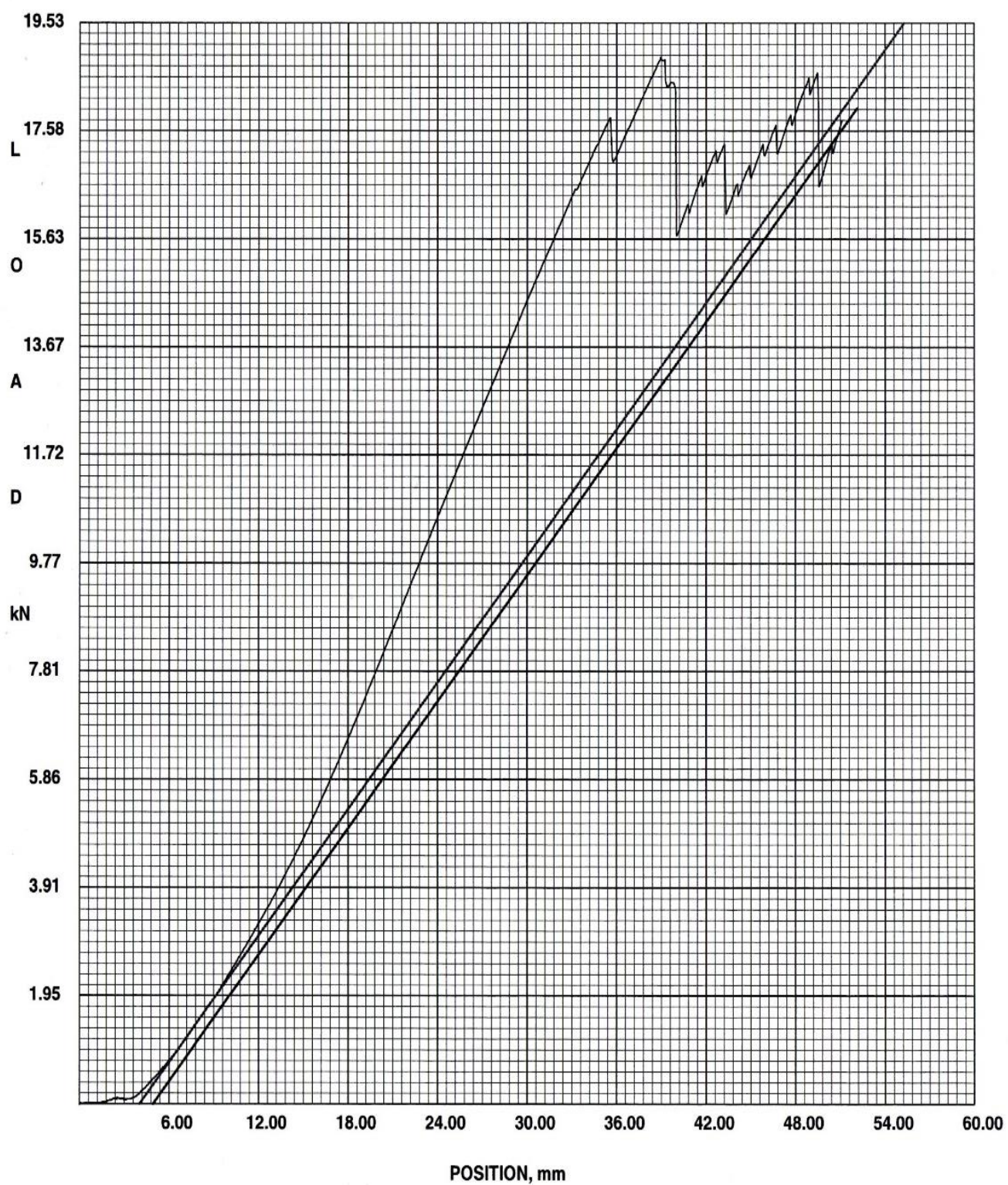
- Lopez, O. (s.f.). *Tesis Bambú*.
- NEC- SE- DS- PELIGRO SISMICO . (2014). En *NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN* .
- SALAZAR , J. E. (2007). RESISTENCIA DE MATERIALES BASICA .
- Lamus, F. (2008). *Calificación de una conexión viga-columna resistente a momento en Guadua Angustifolia*. Bogotá: Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia.
- Lu, M., Yu, W., & Chung, K. (2002). Reliability Analysis for Mechanical Properties of Structural Bamboo. *Advances in Building Technology*.
- Yu, W., Chung, K., & Chan, S. (2003). Column Buckling of Structural Bamboo. *Engineering Structures*.
- NEC-SE-DS. (FEBRERO 2018). NEC Norma Ecuatoriana de la Construcción. *PELIGRO SÍSMICO DISEÑO SISMO RESISTENTE*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- MTE INEN 2 (2004) (Spanish. MANUAL DE LABORATORIO SOBRE MÉTODOS DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL BAMBÚ

- HIDALGO LOPEZ, O. (1981). *Manual de construcción con bambú*. Ed. Estudios Técnicos Colombianos Ltda. 71 pp.
- CLAVER GUTIÉRREZ ALIAGA, SERGIO (2010). Uniones estructurales con bambú. Tesis. Universidad Nacional de Ingeniería de Perú.
- PEREIRA, MARCO ANTONIO; BARATA, TOMAS QUIROZ (2014). *Bamboo as a sustainable material used in design and civil construction: species, management, characterization and applications*. Key Engineering Materials. Vol 634 (2015). pp 339-350.
- NAVAS GUTIERREZ, ELVIRA (2011). *Aplicaciones estructurales de la guadua (Guadua angustifolia kunth). Proyecto de estructura modular multifuncional en Colombia*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Charpentier Salazar, G. (2013). El bambú como material de construcción. Boletín del Programa Nacional Sectorial de Producción Agrícola bajo Ambientes Protegidos. ProNAP Año 7 n° 39.
[http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/BoletinProNAP7\(39\).pdf](http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/BoletinProNAP7(39).pdf)

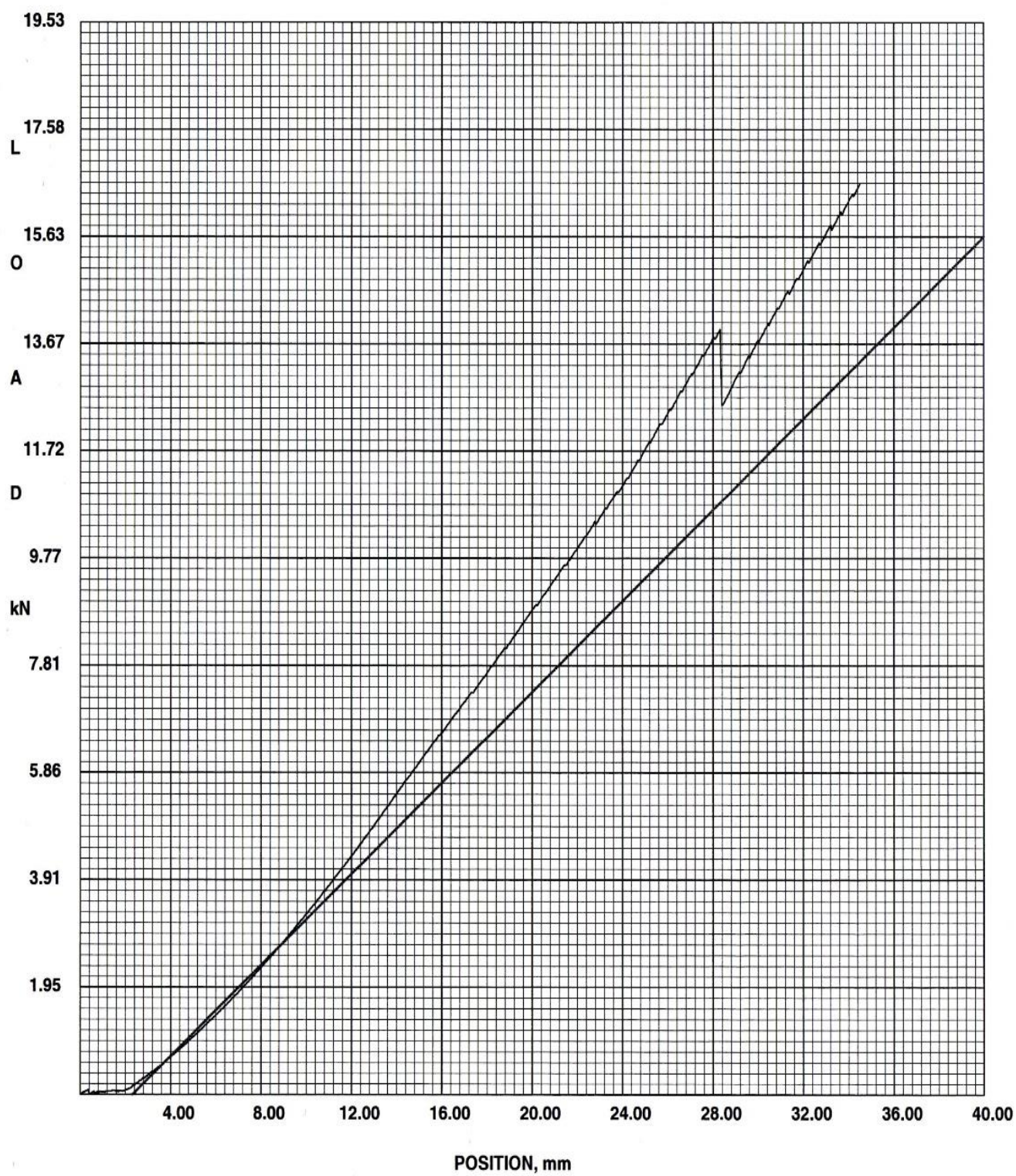
ANEXOS



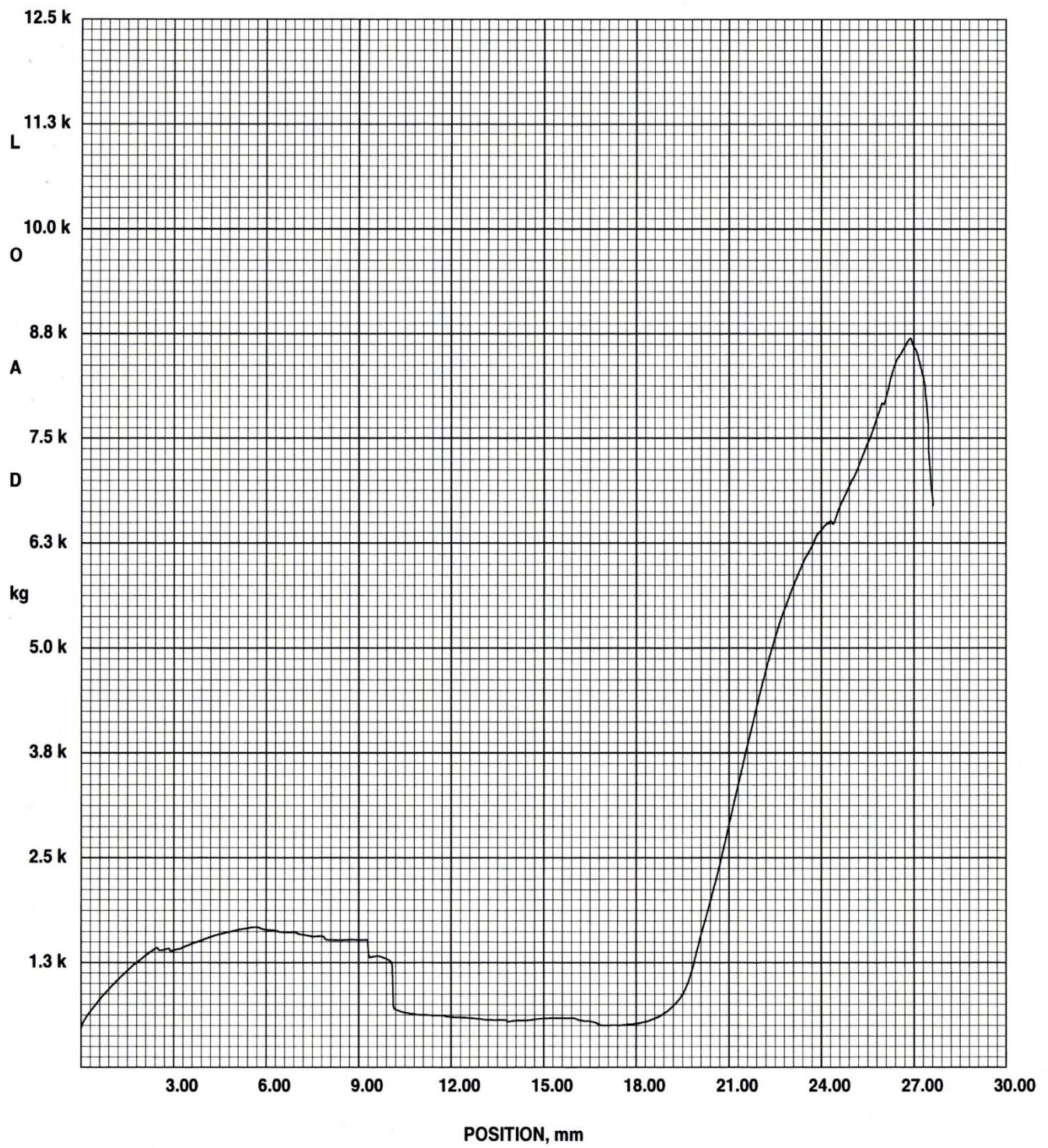
Anexo 1: Diagrama Esfuerzo- Deformación para Flexión de Especimen 1



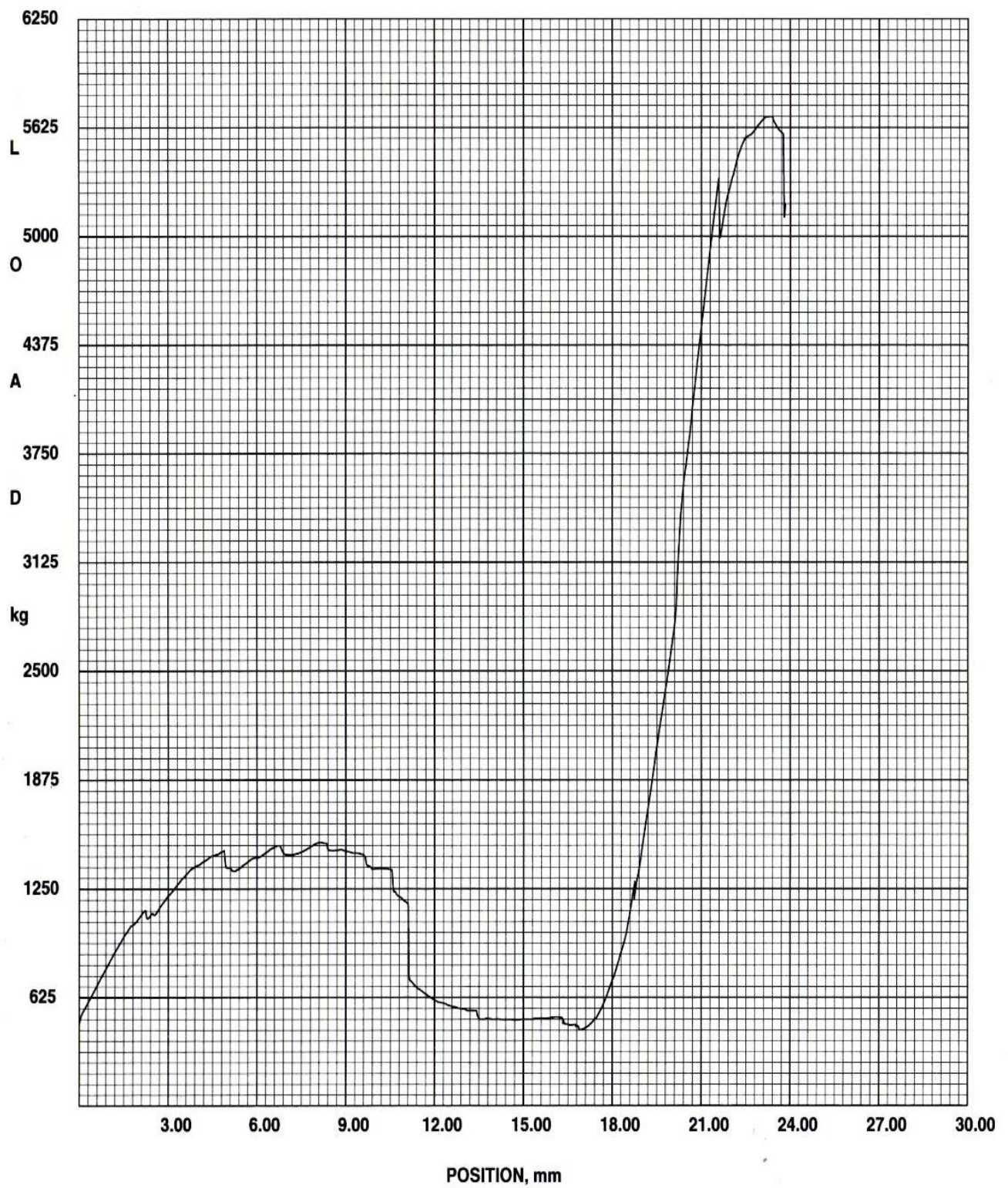
Anexo 2: Diagrama Esfuerzo- Deformación para Flexión de Especimen 2



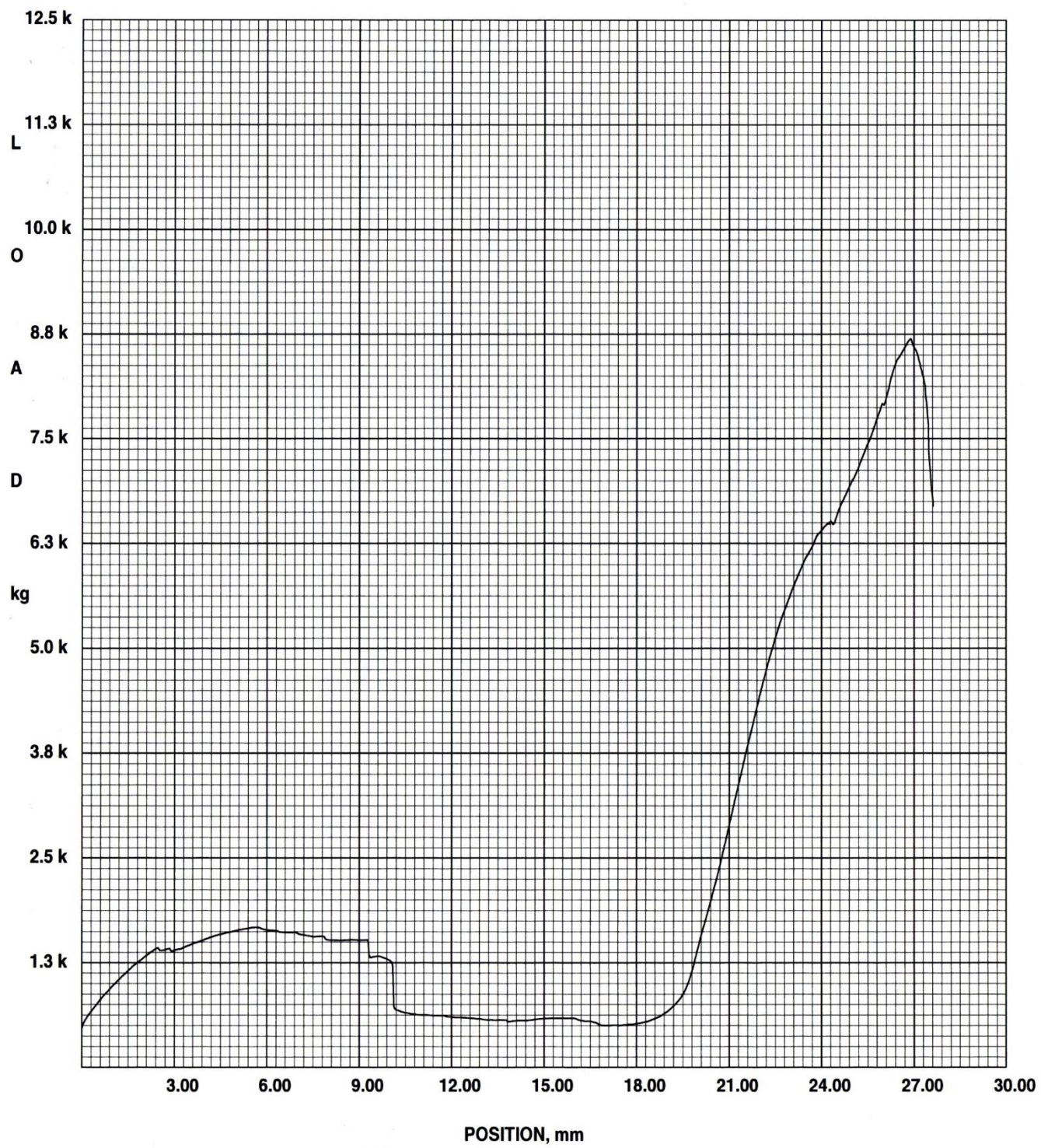
Anexo 3: Diagrama Esfuerzo- Deformación para Flexión de Especimen 3



Anexo 4: Diagrama Esfuerzo- Deformación para Conexión 1



Anexo 5: Diagrama Esfuerzo- Deformación para Conexión 2



Anexo 6: Diagrama Esfuerzo- Deformación para Conexión 3